ÓRGANO DE DIVULGACIÓN DE LAS DIVISIONES DE INGENIERÍA, CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

ISSN: 2007-4530

UNIVERSIDAD DE SONORA, DICIEMBRE 2014, NÚMERO 17



"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

Una perspectiva a los daños a la salud

latindex

ÍNDICE DE REVISTAS LATINOAMERICANAS EN CIENCIAS PERIÓDICA



"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

Programa de Doctorado y Maestría en Ciencia de Materiales

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa es formar personal de alto nivel académico y con autonomía para llevar a cabo en forma eficiente las actividades de generación, aplicación y difusión de conocimiento de frontera en el área de Ciencia de Materiales.

Los objetivos específicos son contribuir a la formación de los recursos humanos especializados que el país requiere en Ciencia de Materiales. Desarrollar investigación de alto nivel comprobada a partir de publicaciones científicas de calidad. Participar de manera efectiva en la resolución de problemas tecnológicos que se presenten en el medio social y productivo de la región y el país, en el ámbito de las líneas de investigación del programa.

Programa de Doctorado y Maestría en Ciencias de la Ingeniería: Ingeniería Química

Objetivos del Programa

Formar académicos y profesionales del más alto nivel en ingeniería y sus campos afines, útiles a la sociedad. Promover la práctica profesional de calidad en ingeniería y campos afines. Contribuir a la solución de problemas nacionales. Realizar investigación para generar nuevos conocimientos, métodos y criterios en ingeniería y sus campos afines. Desarrollar tecnología.

Programa de Posgrado en Ingeniería Industrial

Objetivos del Programa

El objetivo general es formar recurso humano orientado a entender, analizar y resolver problemas complejos dentro de organizaciones dedicadas a la producción de bienes o servicios.

Los objetivos específicos son profundizar en el estudio de áreas de interés de la Ingeniería Industrial, acorde a las necesidades que se deseen resolver por parte de la institución y de la sociedad. Hacer énfasis en la aplicación del conocimiento y la tecnología para resolver problemas que afectan la calidad y productividad de las organizaciones que producen bienes o prestan servicios. Impulsar la mejora de la eficiencia y eficacia de las organizaciones sobre todo aquellas consideradas como pequeñas y medianas (PYMES) que permita impulsar el desarrollo del estado y del país.

Programa de Posgrado en Ciencias de la Ingeniería: Ingeniería Civil

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa es formar personal del más alto nivel académico y profesional en el campo de la Construcción y la Valuación, capaz de realizar investigación para generar nuevos conocimientos o desarrollos que contribuyan a la solución de problemas de interés regional y nacional.

Programa de Especialidad en Desarrollo Sustentable

Objetivos del Programa

Formar profesionales con una perspectiva integral de las áreas técnica, administrativa, económica, social, ambiental y ética de acuerdo a los modelos modernos del desarrollo

Programa de Maestría en Sustentabilidad

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa de maestría es coadyuvar con la sociedad en la transición hacia estilos de vida más sustentables, mediante la formación de profesionistas con una perspectiva holística y ética; con los conocimientos y habilidades para planear, implantar y evaluar intervenciones que conlleven a prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos e impactos ambientales y ocupacionales en el área de su profesión y/o desarrollo en beneficio de su comunidad.



http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 5M, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-57 y 259-21-58



CONTENIDO

EPISTEMUS

UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 8, No. 17, julio-diciembre 2014, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662) 2592105, (662)2592183 ext. 2650, www.epistemus.uson.mx, revista.epistemus@correom.uson.mx. Editor ejecutivo: Dr. José Luis Díaz Gómez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2012-101210334800-102. ISSN: 2007-4530 otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido: 15747, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Color Express de México, S. A. de C. V., 12 de octubre No. 130, Col. San Benito, C.P. 83190, Hermosillo, Sonora; este número se terminó de imprimir el 30 de diciembre de 2014, con un tiraje de 1000 ejemplares.

Información del contacto institucional de la publicación: Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662)2592155, correo electrónico: revista.epistemus@correom.uson.mx, At'n. Dr. José Luis Díaz Gómez, Editor ejecutivo.

EPISTEMUS está Indexada en el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX) y en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias.

REVISTA EPISTEMUS
Universidad de Sonora
Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y
Rosales, s/n, Col. Centro, C.P. 83000,
Hermosillo, Sonora, México.
Teléfono: (662) 2592155.
Correo: revista.epistemus@correom.uson.mx
Atn. Dr. José Luis Díaz Gómez
Editor Ejecutivo



EDITORIAL

El Comité Editorial de la Revista Epistemus ha conjuntado esfuerzos con el apoyo de las tres divisiones que sostienen la publicación, para que los resultados de las investigaciones y estudios de docencia, se publiquen a un buen nivel académico.

La pretensión de los directores de división, es que la revista dé los pasos necesarios para ser incluida en un futuro no muy lejano, en un índice o catálogo de revistas de prestigio nacional.

Por ello, este Comité cuida no sólo la forma de los artículos, sino especialmente el fondo o contenido, invitando a los profesores, alumnos y tesistas a enviar colaboraciones, las cuales son arbitradas con rigurosidad científica por pares académicos, tanto internos como externos a la Universidad de Sonora, buscando tengan la experiencia probada en las diferentes áreas.

Por otro lado, no se descuidan los artículos del tipo de divulgación y difusión de la ciencia, los cuales tratan temas de diverso interés, con un lenguaje apropiado para todo público.

En este nuevo volumen de la Revista Epistemus, correspondiente al número 17, se escogió el nombre de "Una perspectiva a los daños a la salud", ya que predominan los artículos en esta área. Algunas de las investigaciones son de carácter descriptivo-analítico con la intención de explorar la situación de los daños a la salud de los residentes de una zona dada, enfocándose en ocasiones al sexo y al año del estudio.

Otros artículos introducen el término "polifarmacia", que se refiere a la utilización constante de múltiples fármacos por una persona.

Debido a que los adultos mayores constituyen el grupo etario con mayor prevalencia de enfermedades crónico-degenerativas, la polifarmacia es un fenómeno común en poblaciones geriátricas. Pero como se carece de datos estadísticos, se realizó un estudio en adultos mayores en estancias de la ciudad de Hermosillo.

En esta edición también se muestras dos investigaciones de las Ciencias naturales aplicadas, como el estudio hidrogeológico para apoyar a los municipios de Tecoripa y Suaqui Grande que tratan de resolver la escasez de agua, el abatimiento de sus acuíferos y los bajos escurrimientos superficiales. El otro, es una investigación sobre zeolitas, minerales usados para solucionar problemas ambientales, como la eliminación de metales pesados en agua y sedimentos, tan en boga en estos momentos.

En el presente volumen de Epistemus, encontrarán 7 artículos en la sección de Investigación, 3 en Desde la Academia, 2 en Políticas de Ciencia y Tecnología, y 2 en la de Ciencia, Tecnología y Sociedad, que dan un total de 14 textos.

En la sección de Investigación se incluyen varios textos del área de las Ciencias Exactas y Naturales, como el Aprendizaje ubicuo de estadística descriptiva e inferencial; Análisis de la bifurcación Takens-Bogdanov en el modelo depredador-presa con defensa de grupo; y Evaluación hidrogeológica del acuífero del Río Tecoripa, Sonora, México. Asimismo, aparecerán varios de las Ciencias Biológicas y de la Salud, como el Autocuidado y factores condicionantes en las personas con diabetes en una colonia de Hermosillo; y Una mirada a los daños a la salud: las lesiones y el género en la Costa de Hermosillo, entre otros.

En el apartado Desde la Academia, se publican los interesantes artículos de Matemáticas: Errores conceptuales institucionalizados en Matemáticas y Propuesta de proyecto de estadística: un modelo de regresión lineal simple para pronosticar la concentración de CO_2 del Volcán Mauna Loa. La Bobina de Thomson es otro artículo de Física integrado a esta sección.

En la sección de Políticas de Ciencia y Tecnología entran dos artículos del área de Ingeniería: La planeación y control del costo de producción en pequeñas empresas; y La Administración de la relación de los clientes, una herramienta para crear estrategias competitivas.

En la última sección llamada Ciencia, Tecnología y Sociedad, estarán dos artículos ingenieriles, uno sobre Estimación del potencial de energías renovables en Sonora, y otro sobre Piscinas naturales en Hermosillo, una estrategia de sustentabilidad.



BASES PARA PARTICIPAR CON ARTÍCULOS O COLABORACIONES EN EPISTEMUS

PARA PARTICIPAR CON ARTÍCULOS O COLABORACIONES EN LA REVISTA EPISTEMUS

La educación, la ciencia y tecnología son consideradas como pilares fundamentales sobre los que se sustenta el desarrollo de un país; por eso es importante fortalecer el enlace entre los que generan el conocimiento y los beneficiados de ello: la sociedad. Uno de los aspectos que distingue a la Universidad de Sonora es la generación de conocimiento y su impacto en la sociedad. Es así como las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud crearon el proyecto editorial Epistemus el cual, constituye un medio de información y comunicación para dar a conocer las investigaciones realizadas o en proceso, las actividades académicas, las reflexiones en torno a la ciencia y tecnología, la cultura científica y la sociedad, proyectos de vinculación y extensión de la cultura y los servicios.

OBJETIVO

Divulgar el conocimiento que se crea, genera y enseña en la Universidad de Sonora con la finalidad de fortalecer la educación, la cultura científica, tecnológica y de la salud de los diversos sectores de la sociedad.

ÁREAS GENERALES DE CONOCIMIENTO

- Ingenierías: materiales, metalurgia, civil, minas, industrial, ambiental, hidráulica, sistemas de información, mecatrónica, alimentos, energía, agua, entre otras.
- Ciencias exactas y naturales: geología, física, matemáticas, electrónica y ciencias de la computación.
- Ciencias biológicas y de la salud: investigación en alimentos, desarrollo regional, acuacultura, salud, biología, agricultura, entre otras.

DIRIGIDA A

Los Sectores relacionados con la educación y la investigación, empresarios, dependencias gubernamentales, estudiantes de nivel medio superior, superior y posgrado, y sociedad en general.

CONTENIDO DE LA REVISTA

Artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, información sobre ciencia y tecnología, eventos relevantes, convocatorias, noticias sobre educación y cultura.

ENFOQUE DE LOS ARTÍCULOS

- Los artículos reflejarán lo más trascendente de la producción académica, los proyectos de ciencia, tecnología y sociedad que se realizan en la universidad y en particular en las tres divisiones académicas.
- Los artículos deberán de hacer mención de la trascendencia de lo expuesto, su impacto en la solución de problemáticas específicas de la sociedad, del sector industrial, de la educación, de la cultura, entre otras.
- Se incluirán artículos que integren y reflexionen en torno a la ciencia, la tecnología y la sociedad, que aporten elementos precisos que permitan profundizar en el análisis y proponer esquemas de colaboración entre los que producen el conocimiento y los beneficiarios o usuarios potenciales.
- El lenguaje escrito debe ser de buen nivel, con el rigor científico pero de divulgación, comprensible para un público no especializado de nivel bachillerato, empresarios y profesionistas de otras especialidades.

ARBITRAJE

La revista es arbitrada en varios niveles. Comprende dos aspectos:

- Arbitraje académico: En todos los casos, los artículos serán arbitrados por pares académicos internos y/o externos a la Universidad de Sonora.
- Arbitraje de divulgación: Se evaluará el lenguaje y el significado de lo expuesto para que no pierda la idea original al tratarlos como artículos de divulgación. Participan en el arbitraje de académicos, expertos en divulgación científica.

* Se les sugerirán adecuaciones y modificaciones para que sean tomadas en cuenta por los autores. En todos los casos se definirán los tiempos para las correcciones.

CARACTERÍSTICAS DE LOS ARTÍCULOS

Recepción

El artículo deberá ser original e inédito y se hará llegar de manera electrónica al correo: revista.epistemus@correom.uson.mx. Los autores deberán firmar y enviar una carta de originalidad junto con el artículo al Comité Editorial (descargar carta). El comité editorial hará una primera revisión del artículo, si cumple con el formato de la revista, se enviará al menos a 2 árbitros académicos. Los arbitrajes se enviarán a los autores, quienes reenviarán los artículos corregidos. El comité editorial decidirá qué artículos se publicarán en cada número. Los autores de los artículos aceptados, deberán firmar una carta de cesión de derechos de autor y enviarla por e-mail al comité editorial.

Título

Utilizar letra tipo Arial de 12 puntos, negrita espacio sencillo, centrada.

Autores, grado académico, afiliación, correo electrónico

Incluir los datos curriculares de los autores, especificando su grado académico, institución para la cual labora y correo electrónico. Respecto a los autores, el primero será el autor y el resto serán coautores, siendo un máximo de cinco personas. No se aceptará la inclusión de nuevos coautores después de la recepción del artículo.

Resumen

Los artículos deberán contener un resumen de un máximo de 150 palabras, con letra cursiva. En los artículos de investigación, el resumen será en el idioma español y en el inglés.

Palabras clave

Incluir de 3 a 5, palabras clave separadas por comas. En los artículos de investigación, las palabras claves serán en el idioma español y en el inglés.

Contenido

Utilizar letra tipo Arial de 12 puntos, normal, a doble espacio, justificada. La extensión de los artículos será de un máximo de 3,300 palabras y, hasta 15 páginas incluyendo el texto, figuras y citas bibliográficas, en Word con márgenes de 2.5 cm por lado. Los ensayos, reseñas e información de eventos académicos serán de un máximo de 1,500 palabras. Para las expresiones matemáticas debe usarse el editor de ecuaciones y deberán estar numeradas consecutivamente entre paréntesis. No incluir notas en pie de página.

Secciones

El autor señalará en qué sección de la revista desea se publique su artículo (descargar secciones). Cuando la colaboración sea en la modalidad de ensayo, hacer uso de subtítulos que faciliten la lectura del texto.

Tablas, fotos, figuras

Incluir las tablas, fotos y gráficos en archivos separados. Fotos y gráficos en jpg o tiff con una resolución máxima de 1200 pixeles.

Referencias bibliográficas

Las referencias en el texto del artículo deberán ser numeradas, entre corchetes rectangulares, tal y como vayan apareciendo en su documento. El formato de las referencias será de acuerdo al estilo IEEE (descargar formato IEEE).

FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS

- Los artículos se reciben durante todo el año.
- Cierre de la edición del primer número del año: Primera quincena de marzo.
- Cierre de la edición del segundo número del año: Primera quincena de septiembre.
- Impresión y distribución: Junio y Diciembre de cada año.

Mayores informes al correo y página Web
revista.epistemus@correom.uson.mx
www.epistemus.uson.mx

APRENDIZAJE UBÍCUO DE ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA E INFERENCIAL

* FRANCISCO JAVIER TAPIA MORENO, HÉCTOR ANTONIO VILLA MARTÍNEZ

RESUMEN

Hemos desarrollado herramientas de enseñanza y aprendizaje para la estadística descriptiva e inferencial para dispositivos móviles que utilizan el sistema operativo Android. Con estas herramientas los estudiantes pueden desarrollar diversas actividades: i) construir y analizar un histograma, un polígono de frecuencias o una gráfica de barras o de sectores, según el tipo de variable aleatoria que se esté procesando; ii) calcular medidas sumarias tales como valores máximos y mínimos, cuartiles, deciles, rango intercuartílico, media aritmética, mediana, moda, desviación estándar y varianza; iii) obtener los coeficientes de regresión y determinación, la ecuación de regresión lineal y la gráfica correspondiente; iv) calcular los coeficientes de asimetría y el coeficiente de curtosis; v) calcular intervalos de confianza para la media aritmética y para la proporción de la población, basada en una muestra grande o pequeña de datos de una población normal, cuasi-normal, o de una no normal. Este trabajo muestra los logros del proyecto "Statistics-to-Go" que estamos desarrollando en el Departamento de Matemáticas de la Universidad de Sonora. Trabajos futuros incluyen el diseño de herramientas para calcular intervalos de confianza para diferentes tareas: la diferencia entre dos medias, diferencia entre dos proporciones, la varianza, el cociente de dos varianzas y para realizar pruebas de hipótesis.

Palabras clave: Android, estadística, aprendizaje móvil, aprendizaje ubicuo.

ABSTRACT

We have developed tools for teaching and learning descriptive and inferential statistics on mobile devices using the Android operating system. With these tools, students can: i) Construct and analyze a histogram, a frequencies polygon, a bar chart, or a pie chart, depending on the type of random variable being processed, ii) computing summary measures such as maximum and minimum values, quartiles, deciles, interquartile range, arithmetic mean, median, mode, standard deviation, and variance, iii) obtain the coefficients of regression and determination, the linear regression equation and the corresponding graph, iv) calculating the coefficients of skewness and kurtosis, v) calculate confidence intervals for the arithmetic mean and the proportion of the population based either on a large or a small data sample from a quasi-normal, non-normal, or normal population. This work shows the achievements of the "Statistics-to-Go" project that we are developing in the Department of Mathematics at the University of Sonora. Future work includes the design of tools to calculate confidence intervals for the difference between two means, difference between two proportions, variance, the ratio of two variances, and to test hypotheses

Keywords: *Android, statistics, mobile learning, ubiquitous learning.*

DR. FRANCISCO JAVIER TAPIA MORENO
Correo: ftapia@gauss.mat.uson.mx
M.C. HÉCTOR ANTONIO VILLA MARTÍNEZ
Correo: hvilla@gauss.mat.uson.mx
Departamento de Matemáticas.
Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: Francisco Javier Tapia Moreno
Correo electrónico: ftapia@gauss.mat.uson.mx
Recibido: 26 de junio de 2014
Aceptado: 24 de noviembre de 2014
ISSN: 2007-4530



INTRODUCCIÓN

En la Universidad de Sonora todos los estudiantes de licenciatura toman un curso obligatorio de introducción a la estadística. El objetivo del curso es dotar a los estudiantes de las herramientas estadísticas básicas y que se familiaricen con el análisis estadístico utilizando software estadístico. Estas herramientas de software sólo se ejecutan en computadoras de escritorio o en laptops, lo que significa que los estudiantes deben estar ya sea en el laboratorio de computación o llevar sus computadoras portátiles. Además, la mayoría de estos estudiantes no tienen una computadora, laptop o internet en sus hogares y tienen dificultades para hacer sus tareas y prácticas. Sin embargo, casi todos los estudiantes tienen un teléfono celular, ya que es mucho más barato que una computadora personal o una laptop. Con el propósito de dar una solución a esta grave situación, en septiembre de 2012 sometimos un proyecto denominado "Statistics-to-Go" al Departamento de Matemáticas de la Universidad de Sonora, con el propósito de producir las herramientas para llevar a cabo los cálculos estadísticos de estadística inferencial en teléfonos celulares o tabletas equipados con el sistema operativo Android.

En la primera etapa de este proyecto [1], hemos diseñado herramientas para: i) calcular todas las medidas centrales (media aritmética, mediana, moda y percentiles), dispersión (varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación), medidas de forma (coeficientes de asimetría y curtosis); ii) dibujar diagramas circulares, diagramas de barras, histogramas, polígonos de frecuencias, polígonos acumulativos y diagramas de dispersión; y iii) calcular la ecuación del modelo de regresión lineal y determinar los coeficientes de correlación.

En el resto de este trabajo se presenta la justificación y motivación de nuestra investigación, la definición de aprendizaje móvil y sus principales ventajas sobre otros tipos de aprendizaje, los detalles sobre el sistema operativo Android, la definición de los intervalos de confianza para la media aritmética de la población y algunas formas de calcularlo, los resultados del proyecto "Statistics-to-Go" en su segunda etapa", y por último, se presentan las conclusiones y los trabajos futuros.

APRENDIZAJE MÓVIL

El aprendizaje móvil (también conocido como *m-learning*) es la adquisición de conocimientos a través de la tecnología de computación móvil, tales como teléfonos celulares y tabletas. Esta modalidad permite a las personas aprender en cualquier momento y en cualquier lugar. Esta última noción "en cualquier momento y en cualquier lugar", aparece con frecuencia descrita como "ubicua" en la literatura sobre Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's), surgiendo así el concepto de aprendizaje ubicuo [2]. Pensamos que en un futuro próximo, este tipo de aprendizaje se utilizará a diario por personas autodidactas.

Las diferencias entre el *m-learning* y otros tipos de aprendizaje pueden percibirse desde dos perspectivas: la tecnológica y la experiencia educativa. En cuanto a la tecnología, el aprendizaje móvil se distingue por el uso de equipo portátil que permite que el estudiante tenga acceso





a herramientas de aprendizaje en cualquier momento y en cualquier lugar. Con respecto a la experiencia educativa, John Traxler [3] define el aprendizaje móvil mediante palabras clave. De esta manera, el aprendizaje móvil es personal, espontáneo, oportunista, informal, omnipresente, privado, contextual, segmentado, y portátil. Traxler también señala que algunas de estas características pueden desaparecer con el progreso de la tecnología móvil. Sin embargo, propiedades tales como la informalidad, la movilidad y el contexto se mantendrán.

Desde el punto de vista de los estudiantes, el aprendizaje móvil posee varias ventajas: 1) La eliminación de las limitaciones de tiempo y espacio. Esto significa que el aprendizaje está disponible en cualquier momento y casi en cualquier lugar. Por lo tanto, el tiempo ocioso se puede utilizar para el aprendizaje; 2) permite la comunicación con sus compañeros y con el profesor sin contacto físico; 3) admite la recepción de objetos de aprendizaje que dependen de la ubicación (es decir, aprendizaje contextual); 4) recibe retroalimentación instantánea a los ejercicios y exámenes; y 5) reconoce la recepción de objetos de aprendizaje que empleen imágenes, video y audio.



ANDROID

Android es un sistema operativo diseñado principalmente para dispositivos móviles tales como teléfonos celulares y tabletas. Desarrollado inicialmente por *Android Inc.*, adquirida por *Google* en 2005, Android se dio a conocer en 2007 junto con la creación de la *Open Handset Alliance*, un consorcio de hardware, software y las empresas de telecomunicaciones dedicadas a la promoción de estándares abiertos para dispositivos móviles. El primer teléfono con Android fue vendido en octubre de 2008 [4]. Los teléfonos celulares basados en Android lideran el mercado. De acuerdo con *Tech-thoughts* [5], Android tiene una participación de casi el 70% en el mercado mundial de smartphones, mientras que el *iPhone Operating System* (iOS), fabricado por *Apple*, representa alrededor del 14%. De hecho, Android tiene la mayor participación en todos los países desarrollados, excepto en Estados Unidos y Japón, donde iOS es el sistema operativo móvil dominante [6, 7]. En el mundo de las tabletas la historia es similar, de acuerdo con BGR [8] la cuota de mercado mundial de Android creció de 39.8% en 2011 a 42.7% en 2012, mientras que la participación de iOS disminuyó de 56.3% a 53.8%.

Android tiene muchas ventajas sobre otros sistemas operativos. Aquí mencionamos las más importantes y más congruentes con la necesidad de los estudiantes de bajos recursos económicos. Según orden de importancia: **i)** es una plataforma de código abierto e integrada. Las empresas pueden publicar actualizaciones y revisiones que los usuarios pueden descargar por su cuenta; **ii)** el kit de desarrollo de software (SDK) de Android permite a cualquiera crear sus propias aplicaciones, debido a que el SDK incluye un conjunto completo de herramientas de desarrollo como depurador, bibliotecas, emulador de terminal, código ejemplo, documentación y tutoriales; **iii)** Android utiliza el lenguaje de programación Java, el cual es un lenguaje estandarizado y abierto. El emulador de la plataforma Android tiene un diseño moderno y es fácil de usar; **iv)** es posible la instalación de todo el entorno para desarrollar aplicaciones de Android en los principales sistemas operativos de escritorio; y **v)** Android permite a los desarrolladores diseñar aplicaciones para los usuarios en función de sus preferencias. Esto proporciona a los usuarios la capacidad de tener experiencias únicas diseñadas específicamente para ellos, ya que Android es altamente personalizable.

INTERVALOS DE CONFIANZA

En estadística inferencial, un tema importante es la construcción de intervalos de confianza [9]. Un intervalo de confianza da un rango estimado de valores que es probable que incluya un parámetro poblacional desconocido. Este rango estimado se calcula a partir de un determinado conjunto de datos seleccionados aleatoriamente de una muestra de una población de interés. La selección del nivel de confianza para el intervalo determina la probabilidad de que el intervalo de confianza construido contendrá al valor verdadero del parámetro. Opciones comunes para el nivel de confianza, "C", son 0.90, 0.95, y 0.99. Estos niveles corresponden a porcentajes del área de la curva de densidad normal. Por ejemplo, un intervalo de confianza de 0.95 cubre el 95% de la curva normal. Esto significa que la probabilidad de observar un valor fuera de esta área es de menos de 0.05 (o 5%). Debido a que la curva normal es simétrica, una mitad del área se encuentra en la cola izquierda de la curva y otra mitad en la cola derecha de la misma. Como se muestra en la figura 1, para un intervalo de confianza con el nivel C, la zona en cada cola de la curva es igual $\alpha/2 = (1- C)/2$. Por ejemplo, para un intervalo de confianza de 0.95, el área en cada cola es igual a 0.05/2, que es igual a 0.025. Para determinar los dos puntos críticos (izquierda y derecha de la cola), se necesitan tablas estadísticas de la distribución normal [10]. En nuestro sistema estas tablas no son necesarias ya que los valores son calculados automáticamente por el software.



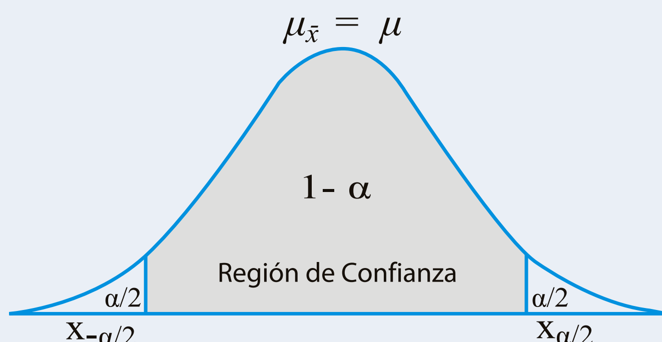


Figura 1. Intervalo de confianza para el promedio de la población.

RESULTADOS

En esta segunda etapa del proyecto, hemos desarrollado objetos de enseñanza y aprendizaje para la estadística inferencial. Cada objeto calcula un intervalo de confianza para una situación distinta. El primer objeto calcula intervalos de confianza para la media aritmética de la población. La aplicación utiliza la ecuación (1) si se conoce el valor de la desviación estándar de la población y usa la ecuación (2) si no se conoce:

$$\bar{X} \pm z_{1-\alpha/2}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad (1)$$

$$\bar{X} \pm z_{1-\alpha/2}\frac{S}{\sqrt{n}} \qquad (2)$$

En las ecuaciones (1) y (2) $\bar{X}$ es la media aritmética de la muestra, σ es la desviación estándar de la población, S es la desviación estándar de la muestra, n es el tamaño de la muestra y $z_{1-\alpha/2}$ es el valor crítico de la distribución estándar normal. La figura 2 muestra la salida para una muestra de 57 datos, con una media de 7.5, desviación estándar de 2.1 y un nivel de confianza de 95%.

El segundo objeto calcula intervalos de confianza para la media de la población cuando el tamaño de la muestra es inferior a 30, la población tiene una distribución normal y la desviación estándar es desconocida. Para este caso, la distribución *t* de student es la manera adecuada para construir el intervalo de confianza para la media de la población. En este caso el sistema utiliza la ecuación (3):

$$\bar{X} \pm t_{n-1,1-\alpha/2}\frac{S}{\sqrt{n}} \qquad (3)$$

En la ecuación (3) $\bar{X}$ es la media de la muestra, S es la desviación estándar de la muestra, n es el tamaño de la muestra, $n-1$ son los grados de libertad, y $t_{n-1,1-\alpha/2}$ es el valor crítico correspondiente para el grado de confianza $1-\alpha/2$ de la distribución *t* student. La figura 3 muestra la salida de una muestra de 21 datos, con promedio de 7.5, desviación estándar de 2.1 y un nivel de confianza de 95%.

El tercer objeto calcula intervalos de confianza para la media de la población cuando la población tiene una distribución no normal. En este caso, se utiliza el teorema de Chebyshev para construir el intervalo de confianza. La aplicación utiliza la ecuación (4) si se conoce la desviación estándar de la población y usa la ecuación (5) si no se conoce:

$$\bar{X} \pm k\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad (4)$$

$$\bar{X} \pm k\frac{S}{\sqrt{n}} \qquad (5)$$

En las ecuaciones (4) y (5) $\bar{X}$ es el promedio de la muestra, σ es la desviación estándar de la población, S es la desviación estándar de la muestra, n es el tamaño de la muestra y $k = \sqrt{1/\alpha}$, donde σ es el nivel de significación. La figura 4 muestra la salida para una muestra de datos, con un promedio de 7.5, desviación estándar de 2.1 y un nivel de confianza de 95%.

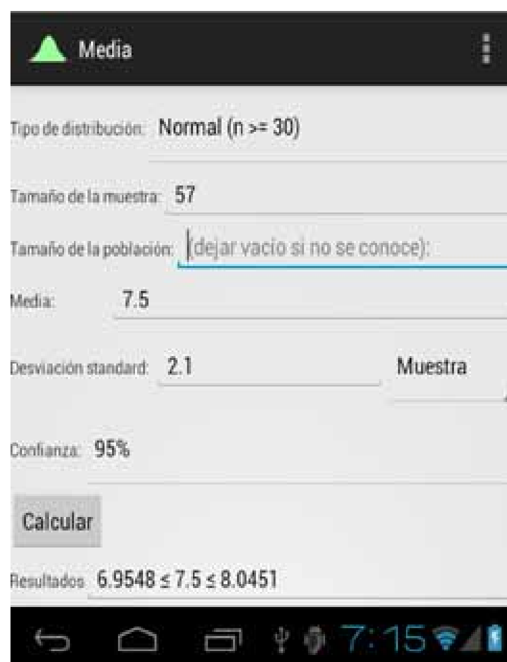


Figura 2. Intervalo de confianza de la media para una distribución normal.

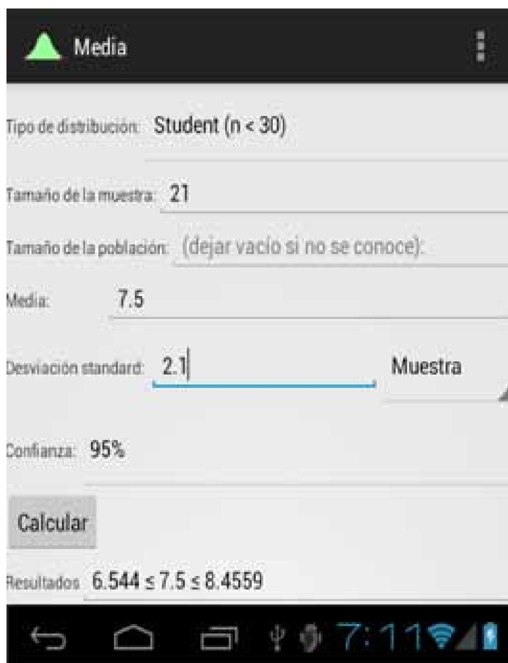


Figura 3. Intervalo de confianza de la media para una distribución de student.

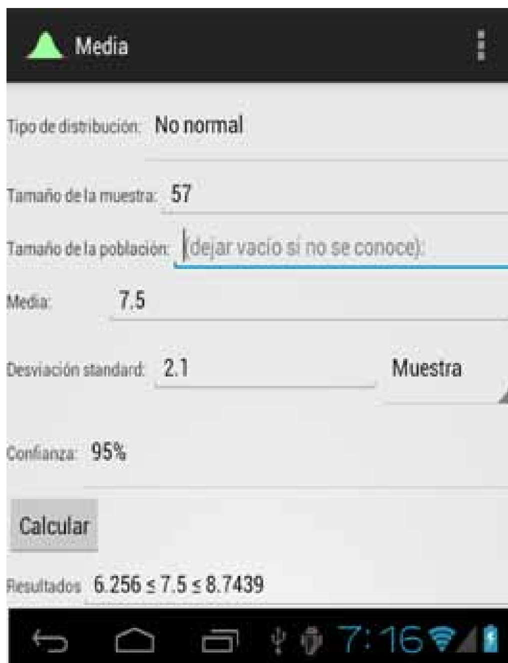


Figura 4. Intervalo de confianza de la media para una distribución no normal.

CONCLUSIONES

Hemos presentado los principales logros que se han obtenido al finalizar la segunda etapa del proyecto de "Statistics-to-Go", en donde hemos diseñado herramientas de aprendizaje que mejoran el aprendizaje intuitivo de conceptos estadísticos utilizando exclusivamente un teléfono celular o tableta electrónica y aprovechando la ubicuidad de la tecnología personal con fines educativos, ayudando sobre todo a aquellos estudiantes que no tienen posibilidades para la compra de una computadora o el pago de servicios de Internet. Estas herramientas de aprendizaje cubren la mayor parte del programa de estudios del curso de estadística descriptiva e inferencial introductoria ofrecido en el primer semestre en la Universidad de Sonora.

En la tercera etapa de este proyecto se diseñarán herramientas de enseñanza y aprendizaje para calcular intervalos de confianza para la desviación estándar de la población, el cociente de dos varianzas, la diferencia entre dos medias aritméticas y la diferencia entre dos proporciones. Asimismo, probaremos la eficacia de los objetos diseñados en los dispositivos móviles de los estudiantes (teléfonos celulares y tabletas electrónicas) y recabaremos opiniones de los alumnos sobre el uso de nuestras aplicaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1) F. Tapia et al. «Elaboration of Statistics Learning Objects for Mobile Devices, » IJIM, May 2012.
2) B. Cope, M. Kalantzis. «Ubiquitous Learning. Exploring the anywhere/anytime possibilities for learning in the age of digital media, » University of Illinois Press. 2009.
3) J. Traxler. «Defining mobile learning, » In: international conference mobile learning 2005. 261-266. Malta. 2005.
4) Wikipedia, the free encyclopedia. Android (operating system). [En línea]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Android (operating_system). [Último acceso: 20 Junio 2014].
5) [En línea]. Available: http://www.tech-thoughts.net/2012/12/smartphone-market-share-trends-by-country.html#.UQR-SaL-mz2Y. [Último acceso: 7 Junio 2014].
6) [En línea]. Available: http://www.kantarworldpanel.com/dwl.php?sn=news_downloads&id=113. [Último acceso: 7 Junio 2014].
7) [En línea]. Available: http://www.kantarworldpanel.com/global/News/news-articles/Windows-sees-strong-European-growth. [Último acceso: 20 Junio 2014].
8) [En línea]. Available: http://bgr.com/2012/12/05/tablet-market-share-2012/. [Último acceso: 20 Junio 2014].
9) M. F. Triola. «Elementary Statistics with Multimedia Study/Guide, » 10th Edition. Addison-Wesley Longman. 2007.
10) H. Neave. «Statistics Tables: For Mathematicians, Engineers, Economists and the Behavioral and Management Sciences, » College Audience. 2011.





ANÁLISIS DE LA BIFURCACIÓN TAKENS-BOGDANOV EN EL MODELO DEPREDADOR-PRESA CON DEFENSA DE GRUPO

* FRANCISCO ARMANDO CARRILLO NAVARRO, HORACIO LEYVA CASTELLANOS, FERNANDO VERDUZCO GONZÁLEZ

RESUMEN

El modelo matemático poblacional de tipo Gause de dos poblaciones interactuando una como depredador y la otra como presa, existe desde 1935 y ha sido muy estudiado desde diferentes puntos de vista desde los años 70 del siglo XX hasta nuestros días. En este trabajo nos enfocamos en el análisis de la bifurcación Takens-Bogdanov usando una generalización del teorema original de dicha bifurcación. Daremos criterios que nos permitan determinar cuando el modelo depredador-presa tipo Gause experimenta la bifurcación Takens-Bogdanov.

Palabras clave: Bifurcación Takens-Bogdanov, Deformación versal, Sistema depredador-presa de Gause tipo Holling IV.

ABSTRACT

Although the Gause's mathematical model to populations of type predator-prey, there exists since 1935, it has been studied from different points of view from the 70s of XX century to nowadays. In this paper, we focus on the analysis of Takens-Bogdanov bifurcation using a recent generalization of the original theorem of this bifurcation. We give a criteria to determine when the Gause's mathematical model of predator-prey undergoes the Takens-Bogdanov bifurcation.

Key words: *Takens-BogdanovBifurcation, Versal Deformation, Gause Predator-Prey System of Holling IV type.*

DR. FRANCISCO ARMANDO CARRILLO NAVARRO
Correo: carrillo@mat.uson.mx
M.C.HORACIO LEYVA CASTELLANOS
Correo: hleyva@mat.uson.mx
DR. FERNANDO VERDUZCO GONZÁLEZ
Correo: verduzco@mat.uson.mx
Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: Francisco Armando Carrillo Navarro
Correo electrónico: carrillo@mat.uson.mx
Recibido: 10 de septiembre de 2014
Aceptado: 24 de noviembre de 2014
ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

El modelo depredador-presa tipo Gause, es un sistema no lineal de ecuaciones diferenciales ordinarias que incluye entre sus términos una función llamada *defensa de grupo*. En dinámica de poblaciones defensa de grupo es un término usado para describir el fenómeno por el cual se reduce la depredación, o incluso impedirla por completo, debido a la mayor capacidad de la presa para mejorar la defensa o disfrazarse cuando el tamaño del grupo no es lo suficientemente grande. Un ejemplo de este fenómeno fue descrito por Tener [1], el buey almizclero solitario era atacado con mucho éxito por lobos, en cambio al unirse en pequeños rebaños (2-6 animales) era atacado con muy pocos éxitos y se observó que los ataques del mismo depredador no tenían éxito si el rebaño era suficientemente grande. Otro ejemplo descrito por Holmes y Bethel [2], involucra ciertas poblaciones de insectos. Aparentemente, grandes enjambres de insectos hacen difícil la identificación individual para sus depredadores. Un tercer ejemplo fue observado por Dawidowics *et al.* [3], algas filamentosas son a menudo calificadas como no comestibles por el plancton herbívoro. Sin embargo, experimentos muestran que *Daphnia* puede consumirlas en baja concentración mientras que si las consume en altas concentraciones éstas pueden obstruir su sistema de filtración. Para estudiar la interacción entre depredador-presa cuando la presa exhibe defensa de grupo, Freedman y Wolkowicz [4], Mischaikow y Wolkowicz [5] y Wolkowicz [6] proponen estudiar el siguiente modelo:

$$\dot{x} = xg(x,K) - yp(x),$$
$$\dot{y} = y\big(-d + q(x)\big).$$

Aquí, x e y son funciones del tiempo que representan densidades poblacionales de la presa y el depredador. Respectivamente $K > 0$ es la *capacidad de carga* de la presa, es decir, es la cota máxima de densidad poblacional que su medio ambiente puede soportar, d>0 es la tasa de mortalidad del depredador. La función $g(x,K)$ representa la tasa de crecimiento específico de la presa en ausencia de depredador y satisface que:

$g(0,K) > 0, g(K,K) = 0, g_x(K,K) < 0, g_x(x,K) \leq 0$ y $g_x(x,K) > 0$, para toda $x > 0$.

La función $p(x)$ denota la función de respuesta del depredador y supondremos que satisface que: $p(0)=0, p(x)>0$ para $x>0$. La función $q(x)$ representa la tasa de conversión de presa a depredador, en el modelo de Gause, $q(x)=cp(x)$, donde c es la tasa de conversión de las presas en nuevos nacimientos de depredadores. Existen en la literatura muchos ejemplos específicos para estas funciones, en particular la función logística $g(x,K) = r(1-\frac{x}{K})$, es considerada un prototipo, donde r es la tasa intrínseca o per cápita de crecimiento de las presas. Pondremos atención especial en $p(x)$, ya que dependiendo del tipo de función que ésta sea, tendremos también un cierto tipo de dinámica en el modelo.



PRELIMINARES

En Carrillo *et al.* [7], se dio una generalización al teorema de la bifurcación Takens-Bogdanov, analizada originalmente para el plano y con dos parámetros. Esta generalización se consiguió para R^n, con m parámetros. A continuación presentamos de manera breve dicha generalización.

Consideremos el sistema no lineal

$$\dot{x} = F(x,\mu), \tag{1}$$

donde , $x \in R^n$, $\mu \in \mathrm{R}^m$ con $m \geq 2$, y $F \in C^r(\mathrm{R}^n \times \mathrm{R}^m)$, $r \geq 2$ con . Supongamos que existe $(x_0,\mu_0) \in \mathrm{R}^n \times \mathrm{R}^m$, tal que

(H1) $F(x_0,\mu_0) = 0$, y

(H2) $\sigma\big(DF(x_0,\mu_0)\big) = \{\lambda_j \in \mathrm{C} \mid \lambda_{1,2} = 0, Re(\lambda_j) \neq 0, \text{para } j = 3,\dots,n\}$, considerando el caso no semisimple.

Definamos la matriz $A = DF(x_0,\mu_0) \in \mathrm{R}^{n\times n}$. Entonces, por la hipótesis (H2) se sigue que A es similar a

$$J = \begin{pmatrix} J_0 & 0 \\ 0 & J_1 \end{pmatrix}, \text{ donde } J_0 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix},$$

y J_1 es una matriz no singular. Sean $p_1,\ p_2 \in \mathrm{R}^n$ vectores propios generalizados de A correspondientes al valor propio $\lambda = 0$: $Ap_1 = 0$ y $Ap_2 = p_1$. Sea $P = (p_1, p_2, P_0)$, donde $P_0 \in \mathrm{R}^{n\times(n-2)}$ contiene los vectores propios (generalizados) de la matriz J_1. De la teoría de Jordan, $J = P^{-1}AP$. Entonces, si

$$P^{-1} = \begin{pmatrix} q_1^T \\ q_2^T \\ Q_0 \end{pmatrix}, \quad \text{entonces} \quad \begin{cases} q_2^T A = 0, \\ q_1^T A = q_2^T. \end{cases}$$

Esto es, $q_1, q_2 \in \mathrm{R}^n$ son los vectores propios izquierdos generalizados de A correspondientes al valor propio $\lambda = 0$.

Definición. Dado $v \in \mathrm{R}^n, v = \begin{pmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_n \end{pmatrix}$ y $L \in \mathrm{R}^{n\times(r\times s)}, L = \begin{pmatrix} L_1 \\ \vdots \\ L_n \end{pmatrix}$ donde $L_i \in \mathrm{R}^{r\times s}$, definimos el producto $\cdot$ por $v \cdot L = \sum_{i=1}^{n} v_i L_i$.



Consideremos ahora la deformación versal de la bifurcación Takens-Bogdanov genérica

$$\begin{aligned} \dot{z}_1 &= z_2 \\ \dot{z}_2 &= \beta_1 + \beta_2 z_1 + \alpha_1 z_1^2 + \alpha_2 z_1 z_2, \end{aligned} \tag{2}$$

donde $z_1, z_2 \in R$ y $\alpha_1 \alpha_2 \neq 0$, con

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \tfrac{1}{2} p_1^T \big(q_2 \cdot D^2 F(x_0, \mu_0)\big) p_1, \\ \alpha_2 &= p_1^T \big(q_1 \cdot D^2 F(x_0, \mu_0)\big) p_1 + p_1^T \big(q_2 \cdot D^2 F(x_0, \mu_0)\big) p_2. \end{aligned} \tag{3}$$

Finalmente estableceremos el teorema que generaliza la bifurcación Takens-Bogdanov. Para esto definimos los siguientes $m-$vectores:

$$\begin{aligned} S_1 &= F_\mu^T(x_0, \mu_0) q_2, \\ S_2 &= \left\{\tfrac{2\alpha_1}{\alpha_2}\left[p_1^T\big(q_1 \cdot D^2F(x_0,\mu_0)\big)p_2 + p_2^T\big(q_2 \cdot D^2F(x_0,\mu_0)\big)p_2\right] - p_1^T\big(q_2 \cdot D^2F(x_0,\mu_0)\big)p_2\right\} \\ &\quad F_\mu^T(x_0,\mu_0) q_1 - \tfrac{2\alpha_1}{\alpha_2}\sum_{i=1}^{2}\left\{q_i \cdot \left[F_{\mu x}(x_0,\mu_0) - \big(A_0 F_\mu(x_0,\mu_0)\big)^T D^2F(x_0,\mu_0)\right]\right\} p_i \\ &\quad + \left[q_2 \cdot \left(F_{\mu x}(x_0,\mu_0) - \big(A_0 F_\mu(x_0,\mu_0)\big)^T D^2F(x_0,\mu_0)\right)\right] p_1, \end{aligned} \tag{4}$$

donde $A_0 = P_0 J_1^{-1} Q_0$.

Teorema 1. Carrillo *et al. [7]*, Theorem 1, p. 1002.

Dado el sistema no lineal (1) que satisface (H1) y (H2) condiciones de no hiperbolicidad, y las condiciones

(H3) $\alpha_1 \alpha_2 \neq 0$, *(no degeneracidad)*

(H4) S_1 y S_2 son linealmente independientes. *(transversalidad)*

Entonces, la dinámica sobre la variedad central del sistema (1) en $x = x_0$ y $\mu \approx \mu_0$, es localmente topológicamente equivalente a la deformación versal de la bifurcación Takens-Bogdanov (2). Además, la relación entre los parámetros es dada por $\beta_1 = S_1^T(\mu - \mu_0)$, y $\beta_2 = S_2^T(\mu - \mu_0)$, donde S_1 y S_2 están dadas por (4).

ANÁLISIS DE BIFURCACIÓN

El modelo depredador-presa de Gause con función de respuesta o defensa de grupo $p(x)$ del tipo Holling, puede ser escrito en la forma:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= rx\left(1 - \frac{x}{K}\right) - yp(x), \quad x \geq 0, \quad y \geq 0, \\ \dot{y} &= y(-d + cp(x)), \end{aligned} \tag{5}$$

donde x y y denotan densidades poblacionales de presas y depredadores respectivamente, r, K, d y c son constantes positivas. Entonces el campo vectorial de la ecuación (5) lo podemos definir como

$$f(x, y, \mu) = \begin{pmatrix} rx\left(1 - \frac{x}{K}\right) - yp(x) \\ y\big(-d + cp(x)\big) \end{pmatrix}; \text{ con } \mu = (r, K, d, c)^T, \tag{6}$$

es decir, $(x, y) \in \mathrm{R}^2$ y $\mu \in \mathrm{R}^4$.

Para depredadores y presas, una respuesta funcional es la tasa de consumo de un depredador en función de la densidad de depredadores. Por lo general se asocia con la respuesta numérica, que es la tasa de reproducción de un depredador en función de la densidad de la presa. Siguiendo Holling [8], las respuestas funcionales fueron clasificadas originalmente en cuatro tipos, que se denominan tipo de Holling I, II, III y IV (Tabla 1; Figura 1).

Tabla 1. Funciones de respuesta del tipo Holling y sus generalizaciones.

Tipo Holling	Definición	Forma generalizada
I	$p(x) = mx$	
II	$p(x) = \dfrac{mx}{b + x}$	
III	$p(x) = \dfrac{mx^2}{c + x^2}$	$p(x) = \dfrac{mx^2}{ax^2 + bx + 1}$ $(b > -2\sqrt{a})$
IV	$p(x) = \dfrac{mx}{c + x^2}$	$p(x) = \dfrac{mx}{ax^2 + bx + 1}$ $(b > -2\sqrt{a})$

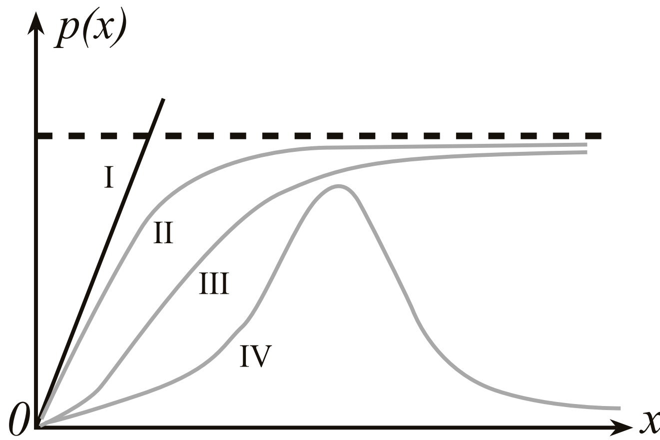


Figura 1. Funciones de respuesta del tipo Holling.

Es el tipo de respuesta funcional Holling IV en su forma generalizada donde α y m son constantes positivas y $b > -2\sqrt{a}$ (así que $ax^2 + bx + 1 > 0$ para toda $x \geq 0$ y de aquí $p(x) > 0$ para toda $x > 0$) donde se exhibe el fenómeno llamado *defensa de grupo*, ver Andrews [10]. Cabe aclarar que ahora en (6), $\mu = (r, K, d, c, m)^T$.

No es difícil verificar que si $a = \frac{4}{K^2}$ y $b = \frac{Kmc - 4d}{dK}$, donde esta última igualdad está bien definida si $Kmc > 0$ (es decir, se satisface la condición previa $b > -2\sqrt{a}$), así tenemos un único punto de equilibrio en el interior del primer cuadrante $(x_0, y_0) = \left(\frac{1}{2}K, \frac{rcK}{4d}\right)$, que satisface que la matriz $Df(x_{0,}y_0) = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{d}{c} \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$, tiene un valor propio $\lambda = 0$ de multiplicidad dos. Es inmediato que usando la matriz $P = (p_{1,}p_2) = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & -\frac{c}{d} \end{pmatrix}$ con $P^{-1} = \begin{pmatrix} q_1^T \\ q_2^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \frac{d}{c} \\ 0 & -\frac{d}{c} \end{pmatrix}$, podemos comprobar que $P^{-1}Df(x_0, y_0)P = J$, donde $J = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$. Por otro lado tenemos que al calcular los coeficientes (3), de la parte no lineal de la deformación versal (2) obtenemos: $\alpha_1 = \frac{2d^2r}{cK^2m}$ y $\alpha_2 = -\frac{2r(Kmc - 2d)}{K^2cm}$, por lo que $\alpha_1\alpha_2 = -\frac{4d^2r^2(Kmc - 2d)}{c^2K^4m^2} \neq 0$, y usando (4) obtenemos:

$$S_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{4}rK \\ -\frac{1}{4}\frac{rKd}{c} \\ -\frac{1}{4}\frac{rKd}{m} \end{pmatrix} \text{ y } S_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{2d^2r}{(Kmc - 2d)K} \\ -\frac{2d^2}{Kmc - 2d} \\ \frac{2d^3}{(Kmc - 2d)c} \\ \frac{2d^3}{(Kmc - 2d)m} \end{pmatrix},$$

donde evidentemente S_1 y S_2, son linealmente independientes.

De tal manera que, para el campo vectorial (7) con $p(x)$ del tipo Holling IV generalizada, con $\mu = (r, K, d, c, m)^T$, existe un punto $(x_0, y_0, \mu_0) = \left(\frac{1}{2}K_0, \frac{r_0c_0K_0}{4d_0}, r_0, K_0, d_0, c_0, m_0\right) \in \mathrm{R}^2 \times \mathrm{R}^5$, tal que se cumplen las hipótesis (H1)-(H4) del Teorema





1, donde $\beta_1 = -\frac{1}{4}\frac{r_0 K_0 (d_0 m_0 c + m c_0 d_0 - d m_0 c_0 - d_0 c_0 m_0)}{m_0 c_0}$ y $\beta_2 = \frac{2{d_0}^2 (r_0 c_0 m_0 K - r_0 c_0 m_0 K_0 + K_0 m c_0 d_0 + K_0 m_0 c d_0 - d K_0 m_0 c_0 - d_0 K_0 c_0 m_0)}{(K_0 m_0 c_0 - 2 d_0) K_0 c_0 m_0}$. Con lo anterior, hemos demostrado el siguiente resultado.

Teorema 2. Considere el sistema (5) con $p(x)$ del tipo Holling IV generalizada. Si $a = \frac{4}{{K_0}^2}$ y $b = \frac{K_0 m_0 c_0 - 4 d_0}{d_0 K_0}$, entonces este sistema experimenta la bifurcación Takens-Bogdanov alrededor del punto de equilibrio $(x_0, y_0) = \left(\frac{1}{2}K_0, \frac{r_0 c_0 K_0}{4 d_0}\right)$, para $\mu \approx \mu_0$.

En la siguiente sección, ilustraremos este Teorema con un ejemplo particular.

UN EJEMPLO DE APLICACIÓN

Consideremos el sistema (5) con el campo vectorial (6), donde tomamos los parámetros: $r_0 = 0.6, K_0 = 0.9, d_0 = 0.25, c_0 = 1, m_0 = 0.5$ así $\beta_1 = 0.135d - 0.03375c - 0.0675m + 0.03375$ y $\beta_2 = -1.666K + 2.5d - 0.625c - 1.25m + 2.125$, dejamos libres los parámetros K y c, los cuales harán las veces de parámetros de bifurcación puesto que de ellos dependen β_1 y β_2. Tomamos valores fijos para el resto de los parámetros $r = d = m = 0.5$, mientras que las constantes de la función $p(x)$ son: $a = 4.938271604$ y $b = -2.444444444$. Cabe aclarar que la elección de los valores numéricos anteriores para los parámetros del sistema, fueron elegidos sin considerar poblaciones de depredadores y presas en particular, es decir, este ejemplo es sólo un ejercicio para la aplicación del Teorema 2. Sin embargo, los valores numéricos considerados no están muy alejados de la realidad.

Si tomamos los valores $K = 1.688888889$ y $c = 2.296296296$, tenemos que el punto de equilibrio (x_0, y_0, μ_0) es un foco inestable (Figura 2).

Ahora, si tomamos los valores $K = 1.644444444$ y $c = 2.414814815$, tenemos que alrededor del punto de equilibrio (x_0, y_0, μ_0) surge una órbita cerrada repulsora y el punto de equilibrio pasa a ser un foco asintóticamente estable (Figura 3).

Finalmente, si tomamos los valores $K = 1.618888889$ y $c = 2.482962963$, tenemos que el punto de equilibrio (x_0, y_0, μ_0) es un foco asintóticamente estable (Figura 4).

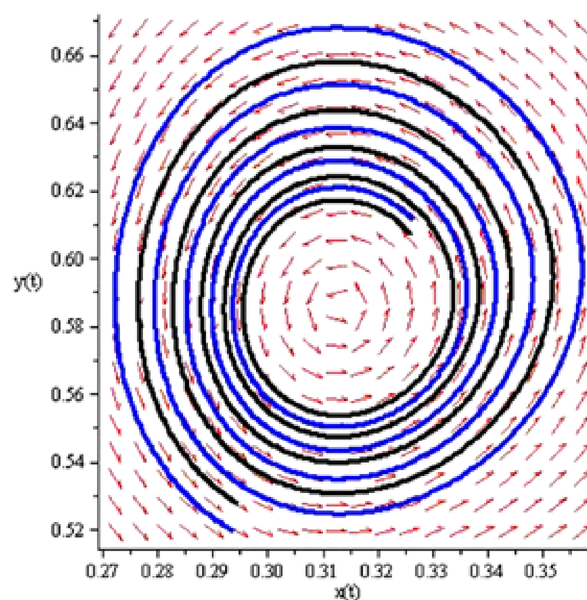


Figura 2 Foco inestable para $K = 1.688888889$ y $c = 2.296296296$.

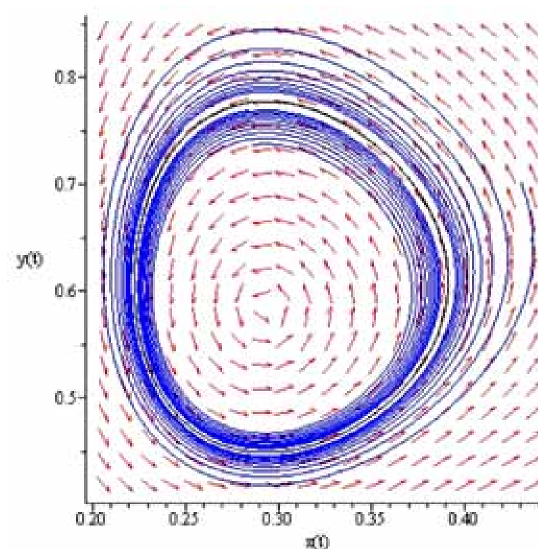


Figura 3 Órbita cerrada inestable y foco asintóticamente estable para $K = 1.644444444$ y $c = 2.414814815$.

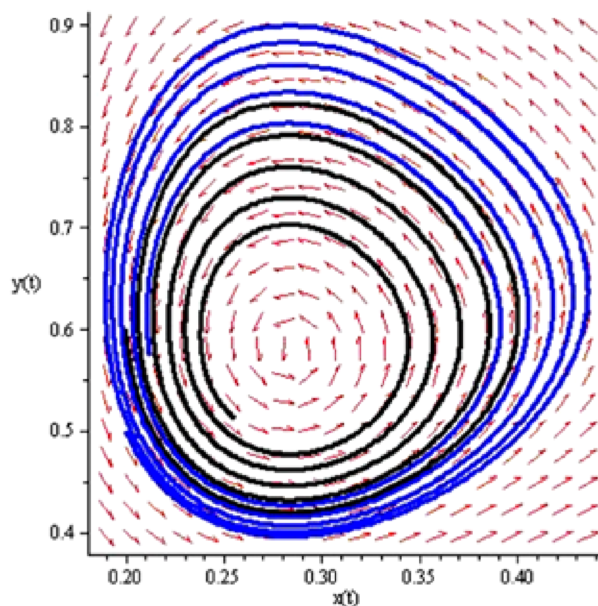


Figura 4 Foco asintóticamente estable para $K = 1.618888889$ y $c = 2.482962963$.

Lo que estamos apreciando con las tres simulaciones anteriores es que de tener una dinámica con una bifurcación silla-nodo, al pasar por los valores de bifurcación aproximadamente de $K = 1.6$ y $c = 2.4$, surge una bifurcación de Hopf, y siguiendo con la decrementación de estos parámetros volvemos a obtener la bifurcación silla-nodo. Cabe aclarar que antes de obtener el foco asintóticamente estable, se debe pasar por una dinámica dada por una *bifurcación homoclínica*.

La interpretación biológica de estas simulaciones donde se exhibe una bifurcación de Hopf cuando se satisfacen las hipótesis del Teorema 2, es que al perturbar adecuadamente los parámetros naturales de las poblaciones involucradas en el modelo de estudio, en este caso K y c se puede conseguir que sin importar los tamaños poblacionales iniciales, cada uno de estos tiende a un valor tal que ambas poblaciones puedan coexistir permanentemente, o se puede conseguir lo contrario, es decir, que sin importar los tamaños poblacionales iniciales, eventualmente una o ambas de las poblaciones se extinguirá.

CONCLUSIONES

Hemos dado condiciones suficientes sobre el modelo depredador-presa tipo Gause-Holling IV, para que dicho modelo experimente la bifurcación Takens-Bogdanov o doble cero, simplificando de manera notoria los análisis de este tipo que se pueden encontrar en la literatura dedicada a este problema hasta ahora. Esta simplificación se logra con el uso de la generalización del Teorema de Takens-Bogdanov realizada en Carrillo *et al*. [7]. A futuro se pretende realizar los análisis necesarios que complementen el estudio del modelo depredador-presa tipo Gause, con la función $p(x)$ del tipo Holling I, II y III. Además, pretendemos extender los análisis de bifurcación a modelos poblacionales depredador-presa con más de dos poblaciones, como el estudiado por ejemplo en Llibre y Xiao [9].

BIBLIOGRAFÍA

1) J. F. Tener, «Muskoxen,». *Queen's Printer,* Ottawa, 1965.
2) J. C. Holmes & W. M. Bethel, «Modification of intermediate host behavior by parasites, » *Zoolog. J. Linnean Soc.* No.51 (Suppl. 1). pp. 123-149, 1972.
3) P. Dawidowicz, Z. M. Gliwicz and R. D. Gulati. «Can *Daphnia* prevent a blue-green algal bloom in hypertrophic lakes? A laboratory test, » *Limnologica*, No. 19, pp. 21-26, 1988.
4) H. I. Freedman & G. S. K. Wolkowicz. «Predator-prey systems with group defense: The paradox of enrichment revisited, » *Bull. Math. Biol.*, No. 48, pp. 493-508, 1986.
5) K. Mischaikow and G. S. K. Wolkowicz. «A predator-prey system involving group defense: A conection matrix approach, » *Nonlin. Anal.* No. 14, pp. 955-969, 1990.
6) G. S. K. Wolkowicz. «Bifurcation analysis of a predator-prey system involving group defense, » *SIAM J. Appl. Math*. No. 48, pp. 592-606, 1988.
7) F. A. Carrillo, F. Verduzco and J. Delgado. «Analysis of the Takens-Bogdanov bifurcation on *m*-parameterized vectors fields, » *Int. J. Bif and Chaos*. Vol. 20, No. 4, pp. 995-1005, 2010.
8) C. S. Holling. «The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation, » *Mem. Entomol. Soc., Canada*, No. 45, pp. 3-60, 1965.
9) J. Llibre and D. Xiao. «Global Dynamics of a Lotka-Volterra Model with Two Predators competing for one Prey, » *SIAM J. Appl. Math*., Vol. 74, No. 2, pp. 434-453, 2014.
10) J. F. Andrews. «A Mathematical Model for the Continuous Culture of Micro-organisms Utilizing Inhibitory Substrates, » *Biotechnol. Bioeng*. 10, 707-723, 1968.





ESTUDIO SOBRE LA INCORPORACIÓN Y RETENCIÓN DE PLOMO EN ZEOLITA NATURAL

* ABRAHAM MENDOZA CÓRDOVA, JOAQUÍN FLORES VALENZUELA
MARIO FLORES ACOSTA, JESÚS R. VIDAL SOLANO, FRANCISCO A. PAZ MORENO

RESUMEN

Las zeolitas son un grupo de minerales que corresponden a la clase de los silicatos (tectosilicatos), entre las diversas utilidades que tienen estos minerales está la resolución de problemas ambientales, particularmente en la eliminación de contaminantes, entre estos se encuentran los metales pesados, los cuales están presentes en los suelos de zonas industriales, en el agua potable, en los afluentes de aguas procedentes de la industria y de la actividad minera, o bien procedentes de mantos acuíferos. Su utilidad se debe en parte por tener una gran capacidad de intercambio iónico, así como también por tener una estructura con cavidades de dimensiones nanométricas, eso le da la capacidad de incorporar elementos ajenos al mineral dentro de dichas cavidades. En el presente trabajo se ha experimentado con Pb incorporándolo en zeolitas (chabazita) como acetato de plomo (Pb(CH3COO)2 3H2O) con el fin de conocer, por una parte, la capacidad del mineral para alojar dicho metal después de activarla, y por otra parte, conocer la capacidad de retención del metal después de un proceso reversible a la incorporación de Pb (activación).

M. C. ABRAHAM MENDOZA CÓRDOVA
Departamento de Geología,
Universidad de Sonora
Correo: mendozacordova@ciencias.uson.mx
M. C. JOAQUÍN FLORES VALENZUELA
Centro de Investigaciónen Física,
Universidad de Sonora
Correo: flvajo_85@hotmail
DR. MARIO FLORES ACOSTA
Centro de Investigaciónen Física,
Universidad de Sonora
Correo: mflores@cifus.uson.mx
DR. JESÚS R. VIDAL SOLANO
Departamento de Geología,
Universidad de Sonora
Correo: jrvidal@ciencias.uson.mx
DR. FRANCISCO A. PAZ MORENO
Departamento de Geología,
Universidad de Sonora
Correo: fpaz@ciencias.uson.mx

*Autor para correspondencia: Abraham Mendoza Cordova
Correo electrónico: mendozacordova@ciencias.uson.mx
Recibido: 12 de marzo de 2013
Aceptado: 04 de abril de 2014
ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

Las zeolitas son un conjunto de minerales de tipo aluminosilicato hidratado que pueden contar con metales alcalinos y alcalinotérreos en algunos de los sitios de su estructura cristalina. El nombre de este grupo de minerales deriva del griego "zein" y "lithos" que significa piedra que hierve, dado que cuando estos minerales se calientan a altas temperaturas se hinchan y desprenden burbujas. Su origen puede derivarse de múltiples materiales, siendo algunos precursores los vidrios volcánicos, los minerales aluminosilicatados e incluso otras zeolitas.

Se conocen aproximadamente 800 tipos de zeolitas [1]. Las cuales pueden clasificarse en 119 tipos de estructura de zeolita diferentes, sin embargo, solo una cuarta parte corresponden a zeolitas naturales [2]. En México los principales yacimientos se encuentran en los estados de: Oaxaca, San Luís Potosí, Puebla, Guanajuato y Sonora. Particularmente en Sonora los yacimientos de mayor importancia son: La Palma (chabazita-clinoptilolita) en el municipio de Divisaderos, San Pedro (heulandita) en el municipio de Ures, y San Bernardino (herionita) en el municipio de Agua Prieta; la figura 1 muestra la localización de dichos yacimientos en Sonora [3].

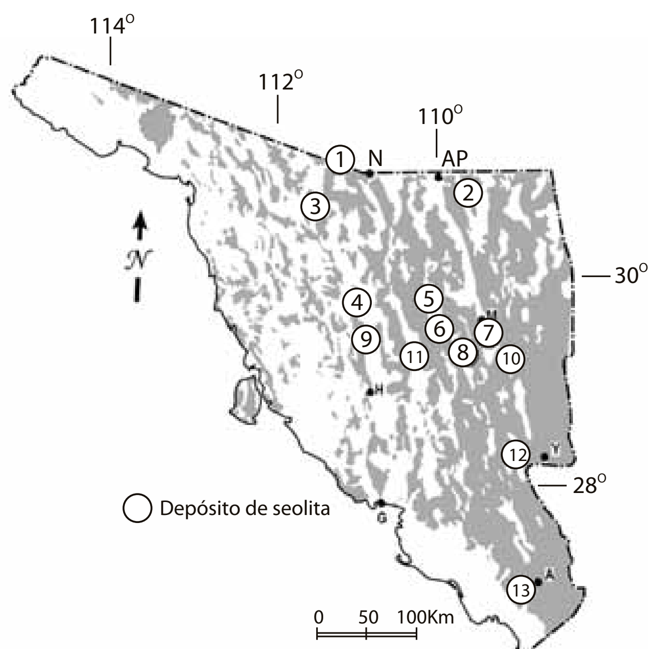


Figura 1. Yacimientos de zeolitas en Sonora (Cochemé et. al. [3]).

EXPLICACIÓN

1. Nogales; 2. Agua Prieta; 3. Tubutama; 4. Magdalena; 5. Tetuachi; 6. Mazocahui; 7. Huásabas; 8. Rancho Las Palmas, Divisaderos; 9 El Cajón, Rayón; 10. El Sauz, Nácori Chico: 11 San Pedro, Ures; 12. Tepoca; 13. Los Mezcales, Álamos. N. Nogales; AP. Agua Prieta; M. Moctezuma; A. Álamos; Y. Yécora; H. Hermosillo.

Las zeolitas se descubrieron en 1756 y para 1970, solamente en Londres, se habían registrado 200 patentes y publicado 750 artículos en revistas especializadas. En el periodo comprendido entre 1985 y 1988, estas cifras se elevaron a 700 patentes registradas y 2,000 artículos publicados, en ambos casos, el dato es por año [4]. Las aplicaciones de las zeolitas son reconocidas en casi todas las áreas del conocimiento. Por ejemplo, para mejorar la actividad de los detergentes, se emplearon, solamente en Estados Unidos, 325 millones de libras en el año de 1980 [5]. Las zeolitas están siendo empleadas actualmente en la separación de hidrocarburos a gran escala [6], con el fin de mejorar las propiedades de materiales de construcción [7]. En el área de la salud se aprovecha, por ejemplo, en recubrimientos antibacterianos de mobiliario de hospitales [8] así como en pastas dentales [9], sólo por mencionar dos casos. Por supuesto, una de las aplicaciones ampliamente prometedora es en la ingeniería de nuevos materiales.

En este trabajo se reporta el proceso de activación múltiple para la zeolita de tipo natural. Las muestras tratadas fueron obtenidas mediante un método de reacción química en solución. Los resultados del estudio realizado indican que se logró la reducción de los iones intercambiables que la zeolita posee de forma natural. Una vez despojada la zeolita de los iones intercambiables, se le incorporó plomo bajo dos condiciones: a) Con molaridad variable y temperatura constante y b) Con molaridad constante y tratamiento térmico. En ambos casos la zeolita fue sometida a un proceso de activación con la finalidad de reconocer su capacidad de retención de plomo. Los resultados de los experimentos realizados demuestran que la zeolita es más eficiente para retener el plomo cuando ha sido sometida a un tratamiento térmico.

MATERIALES Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Preparación de muestras

La preparación de la muestra consiste en moler la zeolita hasta obtener partículas del orden de micras. Posteriormente se hidrató la zeolita natural utilizando una proporción de 25 ml de agua des ionizada por cada 10 gramos de muestra durante 4 horas. La primera media hora de hidratación fue con agitación magnética, mientras que el resto del tiempo se dejó en reposo. Posteriormente se sustrajo la parte suspendida por ser la fracción de muestra de menor tamaño y se filtró el resto. Después se colocó en el horno a una temperatura de 250°C por un período de cuatro horas. De esa manera la muestra quedó en condiciones de ser activada.

Activación de la zeolita

La activación de la zeolita tiene la función de liberar los espacios dentro de sus cavidades al intercambiar los cationes (Na, Ca, K y Mg) que posee de forma natural por otros de menor tamaño [10]. El proceso de activación consistió en hidratar la zeolita durante 20 min con



agitación magnética, utilizando una placa térmica, seguida de un reposo de 12 h. Enseguida se colocó a reflujo en una solución de NH_4Cl al 0.5M durante 25 minutos con agitación magnética. Entonces la muestra se filtró, se lavó con agua desionizada, se recogió y se colocó en el horno a una temperatura de 125 °C por 4 horas. Mediante este proceso ocurrió un intercambio iónico entre los cationes (Na, Ca, K, Mg) de la zeolita con el ion NH^{4+}. Por medio de un tratamiento térmico, se descompuso el ion NH^{4+}en NH^{3+}+ H^+. El NH^{3+} es un gas que se evapora para dar lugar a la zeolita con H^+ y así producir el intercambio de los cationes por el H^+. Este proceso de activación se repite hasta tres veces para poder despojar al máximo a la zeolita de sus iones intercambiables. Los resultados de los análisis de la zeolita original y sus respectivas activaciones se presentan en la tabla 1 y se ilustran en la figura 2. Los análisis químicos fueron obtenidos con un Microscopio Electrónico de Barrido, marca: Phillips modelo XL-30 ESEM, del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del I. P. N., unidad Querétaro.

Tabla 1. Análisis químico de la muestra original proveniente del yacimiento y de la muestra posterior a la pérdida de los cationes intercambiables Mg, K, Ca, y Na en cada una de las tres activaciones.

MUESTRA	Pb	Na	Mg	K	Ca	Al	Si	Fe
10- YACIMIENTO		1.64	1.94	1.86	2.67	9.54	32.13	1.69
11- ACTIVACIÓN 1		0.59	1.69	1.77	2.07	9.74	33.75	1.51
12- ACTIVACIÓN 2		0.38	1.48	1.45	1.34	10.22	34.91	2.07
13- ACTIVACIÓN 3		0.54	1.63	1.42	0.9	10.49	36.01	1.59

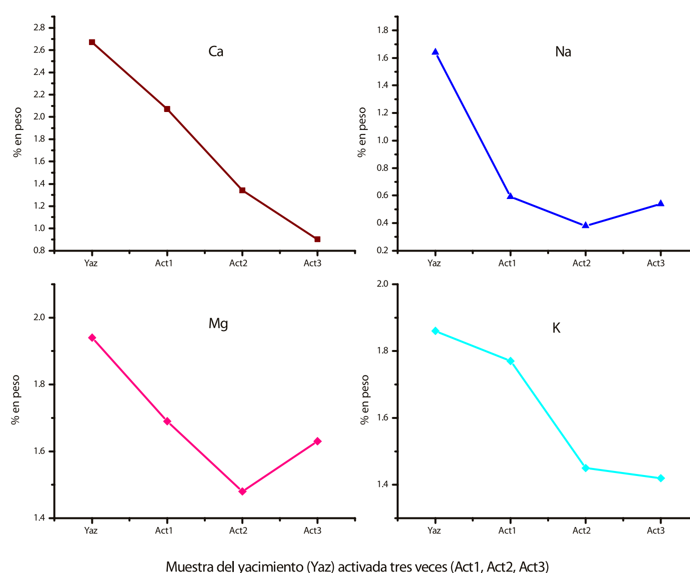


Figura 2. Comportamiento en la pérdida de los cationes intercambiables Mg, K, Ca, y Na, de la muestra del yacimiento (Yaz) y en la pérdida después de cada una de las tres activaciones (Act1, Act2 y Act3).

Intercambio del ion Pb con molaridad variable

Una vez que se obtuvo el sistema zeolita-H^+ después de tres procesos de activación, se llevó a cabo el intercambio iónico entre el H^+ y el Pb^{2+}. Esto se favorece gracias a la propiedad natural de las zeolitas de intercambiar cationes por otros de igual o diferente tamaño y carga (1), se prepararon cinco soluciones de acetato de plomo ($Pb(CH_3COO)_2 3H_2O$) en diferentes concentraciones molares (0.001 M, 0.03 M, 0.077M, 0.1M y 0.2M).

Para conseguir cada una de las muestras con sus respectivas proporciones de plomo, se llevó a cabo el siguiente proceso: Se hidrataron en 25 ml de agua desionizada, se separaron cinco muestras de zeolita de 15 gramos cada una previamente activada en tres ocasiones, y tanto la muestra de zeolita como el acetato de plomo, se sometieron por separado en baño maría. Una vez alcanzada una temperatura uniforme de 50 °C, se mezclaron, sin medir la temperatura, por un tiempo de reacción de 25 minutos. Enseguida se hizo un filtrado; se lavó la muestra con agua desionizada; se realizó un segundo filtrado; se recogió la muestra y finalmente se puso a secar a temperatura ambiente para después pasar a ser analizadas. Los resultados del dopaje de la zeolita con molaridad variable se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de los análisis químicos de las muestras dopadas y activadas con molaridad variable y sin tratamiento térmico.

MUESTRA	Pb	Na	Mg	K	Ca	Al	Si	Fe
14 -0.001 MOLAR		0.73	1.52	1.56	1.21	10.3	35.67	1.47
15 - 0.03 MOLAR	7.05		1.25	1.15	0.87	9.77	32.08	1.63
15 - ACTIVADA	6.38		1.37	1.38		11.41	39.63	5.94
16 - 0.77 MOLAR	11.59		1.27	1.03	0.66	9.30	30.92	1.71
16 - ACTIVADA	9.13		1.47	0.82		9.78	32.63	2.04
17 - 0.1 MOLAR	12.61		1.74	1.06	0.76	9.28	30.29	1.88
17 - ACTIVADA	9.87		1.26	0.85		9.65	32.77	1.54
18 - 0.2 MOLAR	15.46		1.59	1.12	0.58	9.10	29.47	1.76
***18 -** ACTIVADA*	12.11		1.54	0.76		9.3	31.25	1.72



Activación de la zeolita dopada con Pb

Después de que la zeolita fue sometida a un intercambio iónico con el plomo, se expuso a un proceso de activación. Con dicho proceso se buscó liberar el ion Pb^{2+} que fue incorporado dentro de las cavidades de la zeolita. A partir de la liberación iónica se determinaría la estabilidad de dicho elemento durante el proceso de activación. El proceso de liberación iónica de Pb^{2+} consistió en hidratar la zeolita- Pb^{2+} durante 20 min a reflujo en una solución de NH_4Cl al 0.5M durante 25 min con agitación magnética en condiciones de reflujo. Posteriormente la muestra se filtró utilizando el equipo de recuperación de muestra (filtrado), se lavó con agua desionizada, se realizó un segundo filtrado, se recogió la muestra y se puso a secar a temperatura ambiente para ser analizada. La tabla 2 presenta los resultados de las muestras activadas mientras que la figura 3 ilustra la capacidad de la zeolita de atrapar plomo de forma estable, así como la potencial pérdida de una fracción pequeña por medio del proceso de activación, muy probablemente el correspondiente a plomo iónico.





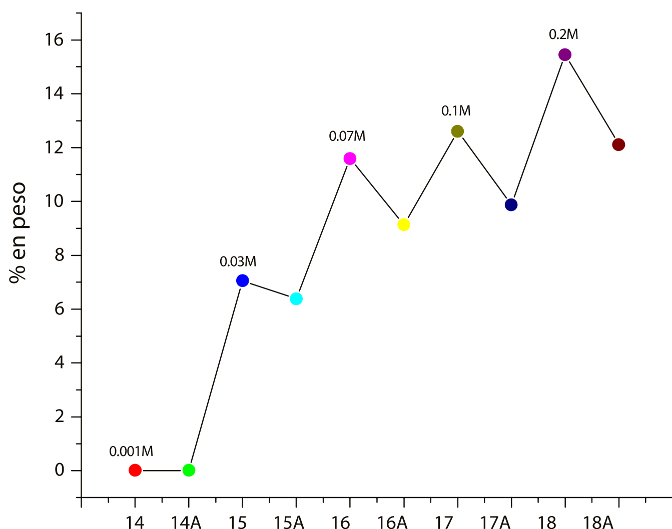


Figura 3. Cinco muestras dopadas con distinta molaridad que son parcialmente despojadas del plomo por medio del proceso de activación.

Intercambio del ion Pb con molaridad constante y tratamiento térmico

El proceso del intercambio iónico del plomo es el mismo tanto para molaridad variable como para molaridad constante. Para este caso de intercambio con molaridad constante fue de 0.1M en cinco muestras. El proceso de activación es igual para ambos casos. La diferencia radica en el tratamiento térmico al que se someten las muestras, el cual tiene como finalidad formar aglomerados de partículas dentro de sus cavidades y así tener mayor espacio dentro de la red cristalina de la zeolita para que pueda incorporarse mayor cantidad de plomo en un siguiente dopaje. El tratamiento térmico consiste en someter la muestra a una temperatura de 100 °C por un tiempo de 10 min, seguido por otro período de 10 min a 200 °C, y finalmente por un período de 4 h a una temperatura de 350 °C.

El experimento se realizó con cinco muestras consistentes en 15 g de zeolita previamente activada. Dicho experimento comenzó con una muestra que es dopada con plomo, de la cual se tomó la mitad para ser analizada y a partir de ella determinar la cantidad de plomo que ha sido incorporado por intercambio iónico. Mientras tanto, la otra mitad fue sometida a un tratamiento térmico. Después de éste, la muestra fue activada con el fin de reconocer la estabilidad del plomo que ha sido incorporado, lo cual se determina mediante su respectivo análisis químico. Este proceso se repite dos veces en la segunda muestra y así sucesivamente hasta cinco veces en la quinta muestra (Tabla 3). En esta última se muestra que por cada dopaje hay un tratamiento térmico. Al final, se indican las muestras que representan cada una sus respectivos procesos acumulados y que son activadas y analizadas. Los resultados de los análisis químicos de las muestras procesadas se pueden ver en la tabla 4.

En la figura 4 se observa el comportamiento de la captación y la liberación del plomo por activación de la zeolita una vez que ha pasado por el proceso de dopaje con molaridad constante y tratamiento térmico. El comportamiento en general muestra un patrón excepto en la activación de la muestra 21, donde se nota una mayor pérdida.

Tabla 3. Esquema de la experimentación con muestras de zeolita previamente activadas, dopadas con molaridad constante y activada después del tratamiento térmico.

	PROCESOS DE DOPAJE A 0.1M Y TRATAMIENTO TÉRMICO A 350 °C					
MUESTRAS ACTIVADAS Y DOPADAS CON TRATAMIENTO	UN PROCESO	DOS PROCESOS	TRES PROCESOS	CUATRO PROCESOS	CINCO PROCESOS	MUESTRAS ACTIVADAS DESPUÉS DEL PROCESO
M19	X	→	→	→	→	M19A
M20		X	→	→	→	M20A
M21			X	→	→	M21A
M22				X	→	M22A
M23					X	M23A

Tabla 4. Resultados de los análisis químicos de las muestras dopadas con molaridad constante y activadas después del tratamiento térmico.

MUESTRA	Pb	Na	Mg	K	Ca	Al	Si	Fe
19 – 0.1 MOLAR	12.73		1.19	1.04	0.69	8.94	30.12	1.91
19 – ACTIVADA	11.17		1.57	0.85		9.79	31.98	1.79
20 – 0.1 MOLAR	18.93		1.05	0.98	0.65	8.40	28.26	1.75
20 – ACTIVADA	18.76		1.20	0.38		8.88	28.96	1.67
21 – 0.1 MOLAR	21.61		1.66	0.84		8.47	26.93	1.69
21 - ACTIVADA	17.23		1.55	0.52		8.45	27.53	1.20
22 - 0.1 MOLAR	24.80		1.22	0.82		7.74	26.01	1.86
22 - ACTIVADA	22.97		1.52	0.49		8.21	26.45	1.72
23 - 0.1 MOLAR	27.59		1.57	0.64	0.33	7.98	25.41	1.49
23 - ACTIVADA	25.97		0.91			7.55	25.85	1.10

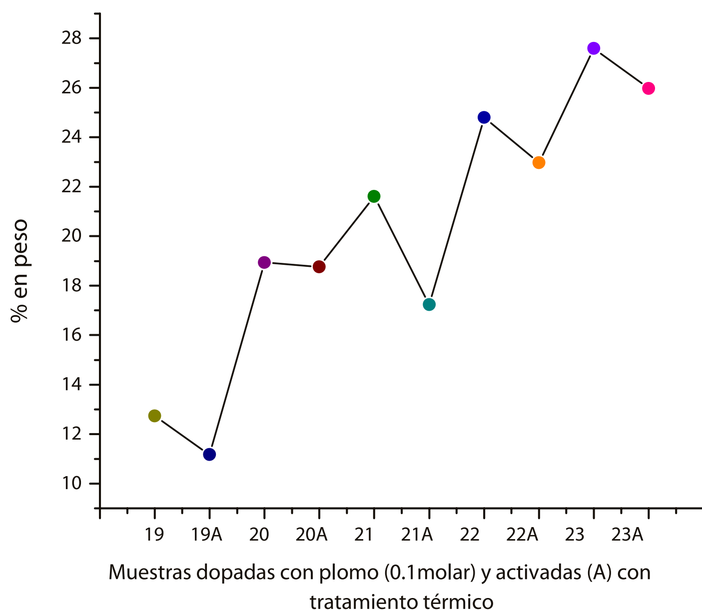


Figura 4. Comportamiento de las zeolitas dopadas con molaridad constante y tratamiento térmico despojadas del plomo por medio del proceso de activación.

DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Con la ayuda de la técnica de Difracción de Rayos X se logró apreciar una gradual saturación de plomo en la zeolita. En los difractogramas de las muestras sin tratamiento térmico y molaridad variable de la figura 5, se puede ver cómo es que al aumentar la concentración de plomo, la intensidad de ciertos picos disminuyen y aumentan cuando la cantidad de plomo disminuye al ser activada la muestra. En el caso de las muestras con tratamiento térmico y molaridad constante de la figura 6, es muy evidente que en el ángulo 2 *theta* correspondiente a 10 grados (franja sombreada), los picos decrecen cuando se agrega plomo y crecen cuando la muestra es activada. Sin embargo llega un punto de saturación en el que la activación no puede desalojar el plomo acumulado y los picos desaparecen totalmente (AM23A). Se interpreta que en los picos de más bajo ángulo son los planos donde más se manifiesta la presencia de elementos extraños como el plomo, ya que los ángulos

pequeños indican distancias interplanares mayores y por lo tanto es donde encuentran mayor espacio para alojarse. Esto indica que la intensidad de los picos, es inversamente proporcional al grado de saturación dado que al saturase el espacio que hay entre los planos, no permiten pasar radiación para ser difractada, lo cual se revela como picos en el difractograma.

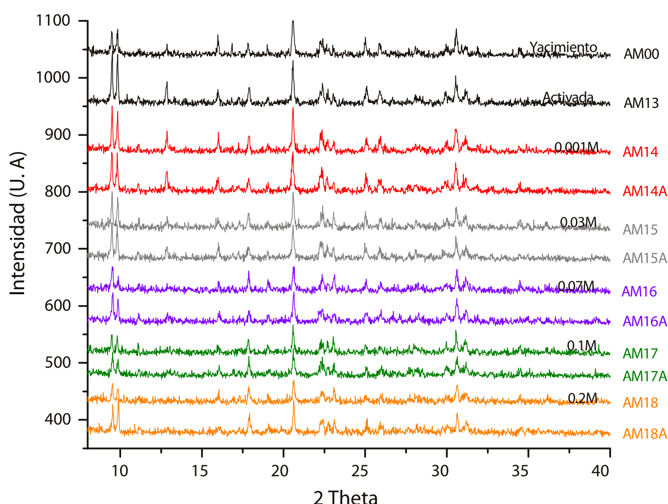


Figura 5. Difractogramas de muestras sin tratamiento térmico y molaridad variable.

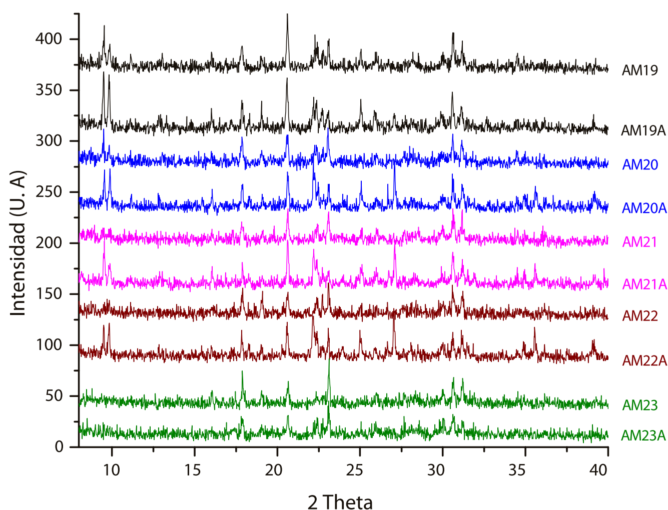


Figura 6. Difractogramas de muestras con tratamiento térmico y molaridad constante.

CONCLUSIONES

Como ha sido señalado en un principio, la zeolita posee propiedades físicas y químicas que la hacen útil como filtro molecular en las distintas áreas de la industria. Sin embargo, en el presente trabajo se demuestra que dichas propiedades pueden mejorar mediante el proceso de activación, especialmente el proceso con tratamiento térmico.

Los análisis químicos en las muestras tratadas revelan que la zeolita es capaz de atrapar plomo en aproximadamente un 27% (en peso) y que el porcentaje de plomo retenido en las zeolitas después de la activación, sin tratamiento térmico, es de 81% en promedio, mientras que en la zeolita con tratamiento térmico es de 90.6 %. La presencia del plomo en la zeolita se revela físicamente a través de la técnica DRX. Los difractogramas indican la obstrucción por dopaje de las cavidades interplanares ya que la reducción de la intensidad de picos y posterior extinción, son una señal de que se ha impedido el tránsito de radiación la cual es difractada manifestándose en forma de picos.

BIBLIOGRAFÍA

1) H.G. Karge, J. Weitkamp (Eds.). Molecular Sieves-Science and Technology, Vol. 1, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1998, p. 35.
2) W. M. Mejer. Atlas of zeolite, Structure Types, 4th revised edition, Elsevier 1996.
3) J.J. Cochemé, A.C. Lassauvagerie, J. González-Sandoval, E- Pérez-Segura, P. Munch. Characterization and potential economic interest of authigenic zeolites in continental sediments from NW Mexico. *Mineralium Deposita*, Vol. 31 (6), 1996, pp. 482-491.
4) M. E. Davis. Zeolite and Molecular Sieves: Not Just Ordinary Catalysts. *Ind. Eng. Chem. Res*., 1991, 30, 1675-1683.
5) P. L. Layman. Detergents Shift Focus of Zeolite Market. *Chem. Eng. News* 1982, 10
6) C.B. Ching and D. M. Ruthven. Sorption and Diffusion of some Amino Acid in KX Zeolite Crystals. *Chem. Eng. J.,* 1989, 40, B1-B5.
7) F. Barffuson Domínguez. *Zeolita natural como componente en materiales de construcción*. Tesis de posgrado. Maestría en Metalurgia Extractiva, Depto. de Ing. Quím. UNISON. 120 p. 2004.
8) K. R. Bright, C. P. Yerba and P. A. Rusin. Rapid reduction of Staphylococcus aureus populations on stainless steel surfaces by zeolite ceramic coatings containing silver and zinc ions. *Journal of Hospital Infection* (2002) 52: 307-309.
9) K. Kawahara, K. Tsuruda, M. Morishita, M. Uchida. Antibacterial effect of silver-zeolite on oral bacteria under anaerobic conditions. *Dental Materials* 16 (2000) 452.
10) J.F. Román-Zamorano, M. Flores-Acosta, H. Arizpe-Chávez, F.F. Castillón-Barraza, M.H. Farías y R. Ramirez-Bon, R. Structure and properties of lead and lead sulfide nanoparticles in natural zeolite. *Journal of Materials Science* 44 (2009) 4781-4788. ISSN: 0022-2461.





EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO DEL RÍO TECORIPA, SONORA, MÉXICO

* EVA LOURDES VEGA GRANILLO, MARIANO MORALES MONTAÑO, JOSÉ CASTILLO GURROLA, GUSTAVO ADOLFO FIERRO FIMBRES, JESÚS GUADALUPE RAMÍREZ VALENZUELA

RESUMEN

La presente evaluación hidrogeológica tiene el propósito de apoyar a los municipios de Tecoripa y Suaqui Grande para resolver la problemática que enfrentan respecto a la escasez de agua, reflejado, en el abatimiento de sus acuíferos y en los bajos escurrimientos superficiales.

La evaluación incluyó información previa y generó nuevos datos sobre geología, geofísica, hidrología superficial e hidrogeología. Para conocer las condiciones del subsuelo, se aplicaron las técnicas de prospección geofísica de resistividad eléctrica y gravimetría. Se elaboró un modelo de 3 a 5 capas, siendo la cobertura aluvial del Río Tecoripa la más importante, para el almacenamiento de agua subterránea desde el sitio La Cortina hasta Suaqui Grande, con espesores que varían de los 4.0 a los 20.0 m. El basamento está representado por el Grupo Báucarit, con espesores de decenas a cientos de metros, es improductivo desde el punto de vista geohidrológico.

Los cálculos hidrológicos muestran que la evapotranspiración representa el 87% de la lluvia, el escurrimiento el 12% y el resto ocurre como infiltración o recarga al acuífero. Se concluye que el volumen infiltrado no es suficiente para los usos que se realizan en el Acuífero del Río Tecoripa, por lo que se recomienda se realicen obras hidráulicas de recarga artificial.

Palabras clave: Hidrogeología, acuífero, Río Tecoripa, Sonora, México.

ABSTRACT

This hydrogeological assessment is intended to support municipalities of Tecoripa and Suaqui Grande to solve the problems they face with respect to water scarcity, reflected in the lowering of its water and low surface runoff, caused by recurrent droughts have arisen in recent years in the state of Sonora.

The evaluation included prior information and generated new data on geology, geophysics, surface hydrology and hydrogeology. For subsurface conditions geophysical prospecting techniques of electrical resistivity and gravimetric were applied. A model of 3-5 layers were prepared, being the Tecoripa River flood coverage the most important to groundwater storage, from the site La Cortina to Suaqui Grande, which thicknesses ranges from 4.0 to 20.0 m. The basement is represented by Báucarit Group, with thicknesses of tens to hundreds of meters, is unproductive from the point of view geohydrology.

Hydrologic calculations show that evapotranspiration accounts for 87% of the rainfall, runoff 12% and the rest occurs as infiltration or groundwater recharge. We conclude that the infiltrated volume is not enough for the uses made in Tecoripa River Aquifer, for this reason is recommended to build artificial recharge hydraulic constructions.

Keywords: *Hydrogeology, aquifer, Tecoripa River, Sonora, Mexico.*

M.I. EVA LOURDES VEGA GRANILLO
Depto. de Geología, Universidad de Sonora
Correo: eva.vega@ciencias.uson.mx
M.C. MARIANO MORALES MONTAÑO
Depto. de Geología, Universidad de Sonora
Correo: morales@geologia.uson.mx

DR. JOSÉ CASTILLO GURROLA
Consultor Independiente
Correo: kemeney@prodigy.net.mx
GEOL. GUSTAVO ADOLFO FIERRO FIMBRES
Correo: gustavo_fe11@hotmail.com
PAS. GEOL. JESÚS GUADALUPE RAMÍREZ V.
Correo: ravaje75@gmail.com

*Autor para correspondencia: Eva Lourdes Vega Granillo
Correo electrónico: eva.vega@ciencias.uson.mx
Recibido: 16 de septiembre de 2014
Aceptado: 24 de noviembre de 2014
ISSN: 2007-4530



INTRODUCCIÓN

La situación actual en torno a los recursos hidráulicos, en el estado de Sonora, es crítica, dado que existe un desequilibrio espacial y temporal de su disponibilidad por razones naturales, por la concentración de la población y las actividades productivas en determinadas zonas y, por un inapropiado aprovechamiento del agua, lo que ha provocado el agotamiento de las reservas superficiales, y la sobreexplotación de las subterráneas.

Esta problemática es la que enfrenta el Acuífero del Río Tecoripa, por lo que se desarrolló el presente estudio, que servirá de base para futuras acciones. El acuífero, en la cuenca hidrológica del mismo nombre, se ubica la porción centro oriental del estado de Sonora, entre los paralelos 28° y 29° de latitud Norte y los meridianos 109°30′ y 110°30′ de longitud Oeste; cubre una superficie de 2,447.44 km^2. El acuífero/cuenca pertenece a la región hidrológica "RH-9" Sonora Sur, específicamente a la cuenca hidrológica "b" del Río Yaqui (Figura 1).

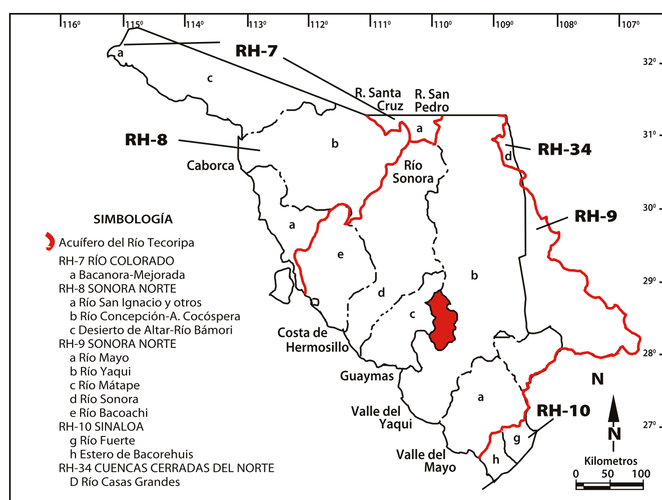


Figura 1. Localización del Acuífero del Río Tecoripa.

La metodología empleada en el presente trabajo, contempló varias etapas: recopilación y análisis de la información existente, recorridos de campo y trabajo de gabinete. Los trabajos de campo consistieron, en la nivelación de brocales con instrumentos de alta precisión, evaluación geofísica que incluyó sondeos eléctricos verticales, y perfiles gravimétricos, realización de pruebas de bombeo, para definir los parámetros geohidrológicos, medición de los niveles estáticos y dinámicos para obtener los planos de piezometría, cálculo del flujo subterráneo y balance hidrológico.

GEOLOGÍA

De acuerdo a la CONAGUA [1], la geología general, está representada por un conjunto de rocas de origen sedimentario e ígneo de complejas relaciones estructurales, debido a los eventos de deformación que dieron lugar a extensos plegamientos de dirección E-W y NW-SE. Las rocas en el acuífero, varían del Paleozoico inferior al Cuaternario (Figura 2).

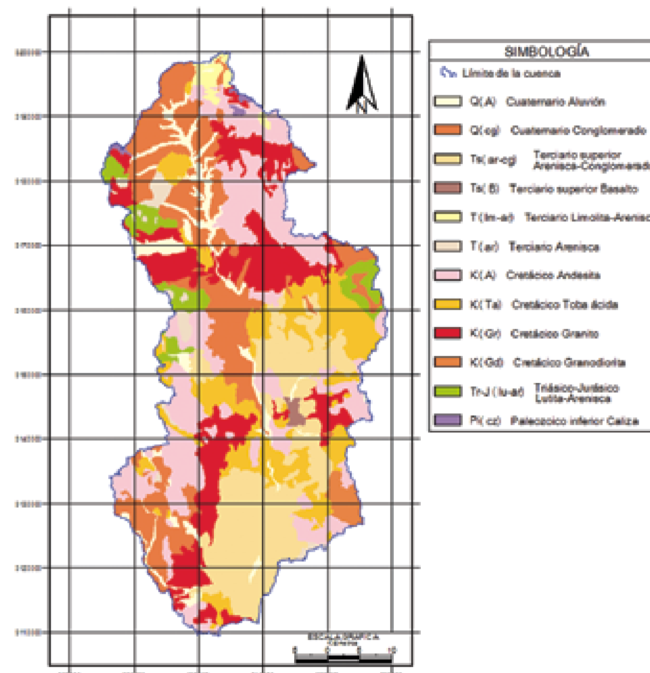


Figura 2. Geología del Acuífero del Río Tecoripa ([1] modificado).

Las rocas más antiguas son calizas del Paleozoico inferior, las cuales afloran en la porción NE y NW de la zona. Forman una secuencia de calizas masivas de origen marino, con intercalaciones de lutitas y areniscas; estas rocas están plegadas, y generalmente recristalizadas por el efecto de las intrusiones graníticas del Cretácico.

Le siguen rocas del Triásico-Jurásico; el Triásico aflora en toda la porción centro-oriental del estado de Sonora, y está representado por un conjunto de rocas sedimentarias, a las cuales Dumble [2] designó, con el nombre de División Barranca; Alencaster [3] la eleva al rango de Grupo y la divide en tres Formaciones: Arrayanes, Santa Clara y Coyotes.

El Cretácico Inferior está representado por la Formación Tarahumara, esta secuencia forma lomeríos suaves, constituidos por un paquete de andesitas, areniscas y traquitas con algunos horizontes de areniscas, lutitas, calizas y tobas andesíticas.

Del Paleógeno-Neógeno es la Formación Báucarit (Grupo Báucarit) considerada como el basamento acuífero; está compuesta por conglomerados polimícticos, con fragmentos de angulosos a subangulosos de todas las rocas preexistentes: intrusivas, volcánicas y sedimentarias (areniscas y pedernal). Los afloramientos son extensos, observándose a todo lo largo de ambas márgenes del Río Tecoripa. El medio ambiente de depósito está asociado

a cuencas continentales, formadas a partir del evento distensivo de sierras y valles paralelos (Basin and Range).

Del Cuaternario (Pleistoceno), existen depósitos no consolidados de conglomerados, gravas, arenas y limos, con clastos subangulosos de tamaños y composición heterogénea, su espesor promedio es de 10.0 m. Descansan discordantemente, sobre toda la columna precuaternaria. Desde el punto de vista hidrogeológico, es la unidad más importante, ya que de ella se extrae la mayor cantidad del agua utilizada en la región.

GEOFÍSICA

Con el objetivo de conocer las condiciones del subsuelo, que conforma el Acuífero del Río Tecoripa, tanto en su distribución vertical como horizontal, se procedió a la aplicación de técnicas indirectas, de prospección geofísica. Ésta se define, como un conjunto de técnicas físico-matemáticas, aplicadas a la exploración del subsuelo, por medio de observaciones realizadas sobre la superficie de la tierra. Dichas observaciones consisten, en la medición de alguna propiedad física de los materiales del subsuelo (resistividad eléctrica, densidad, elasticidad, etc).

Para la presente investigación del subsuelo, se seleccionaron sitios del Acuífero del Río Tecoripa, en los cuales se llevó a cabo la aplicación de los métodos de Resistividad eléctrica, en la modalidad de sondeos eléctricos verticales y Gravimetría en la modalidad de perfiles. Se levantaron un total de 30 sondeos eléctricos verticales (Figura 3), y 6 perfiles de gravimetría, integrados en 190 estaciones (Figura 4).

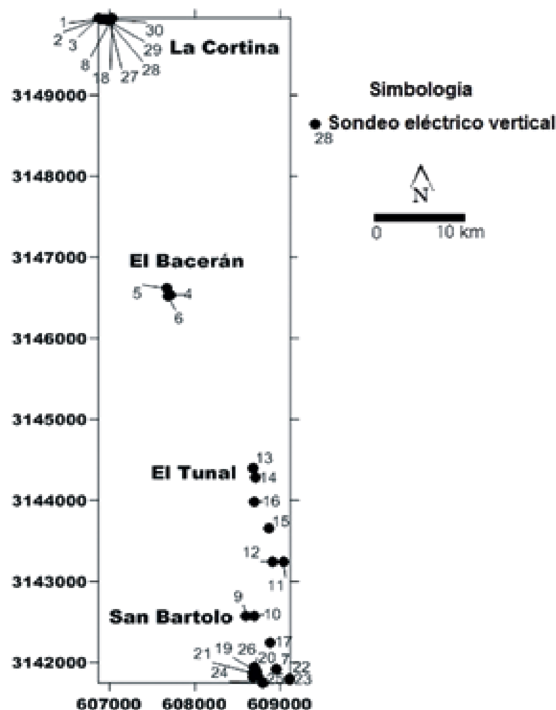


Figura 3. Localización de los sondeos eléctricos verticales.

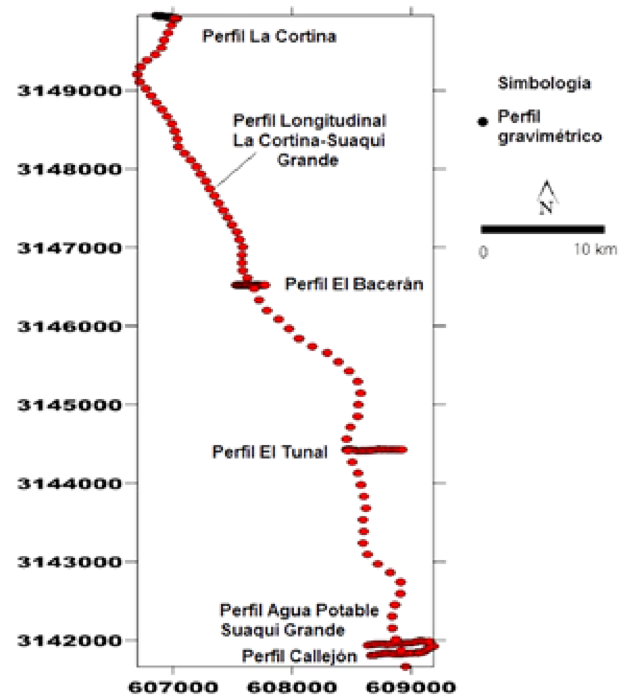


Figura 4. Distribución de perfiles gravimétricos.

Resistividad eléctrica

El método de Resistividad eléctrica, cuyo fundamento físico – matemático descansa en la Ley de Ohm, consiste básicamente en la inyección de corriente eléctrica al subsuelo, a través de dos electrodos (A y B) denominados "electrodos de corriente". El campo eléctrico generado por la propagación de la corriente en el subsuelo, se mide en un par de electrodos (M y N) denominados "electrodos de potencial" conectados a un voltímetro. El tipo de corriente utilizada es continua o directa.

Los datos de resistividad aparente (ρ_a) obtenidos en cada SEV, se representan por medio de una curva, en función de las distancias entre electrodos de corriente (ρ_a como ordenada y AB/2 como abscisa), en hojas doble logaritmo; la curva así obtenida se denomina curva SEV, curva de campo o curva de resistividad aparente. La mayor eficacia del método, corresponde al caso en que éste se aplica sobre terrenos compuestos por capas lateralmente homogéneas, en lo que respecta a la resistividad, y limitadas por planos paralelos a la superficie (medio estratificado).

La interpretación de la curva de campo obtenida, consiste en, deducir la distribución vertical de las resistividades y espesores reales que conforman el subsuelo, en el punto sondeado (Corte geoeléctrico). Dicha interpretación evidentemente consiste, en la solución de un "problema inverso" para el cual, no existe solución única.

Para realizar los sondeos se utilizó, un Resistivímetro Scintrex-Saris de 180 W, con un arreglo Tetraelectródico de Schlumberger, con apertura A/B de 250 m.



La interpretación cuantitativa de los datos de campo obtenidos por el método de Resistividad eléctrica indica que:

Los cortes geoeléctricos representativos del Río Tecoripa varían de 3 a 5 capas perteneciendo a los tipos K, KQ, AK, KH y KQQ respectivamente, indicativos de la presencia de cobertura aluvial de espesor variable.

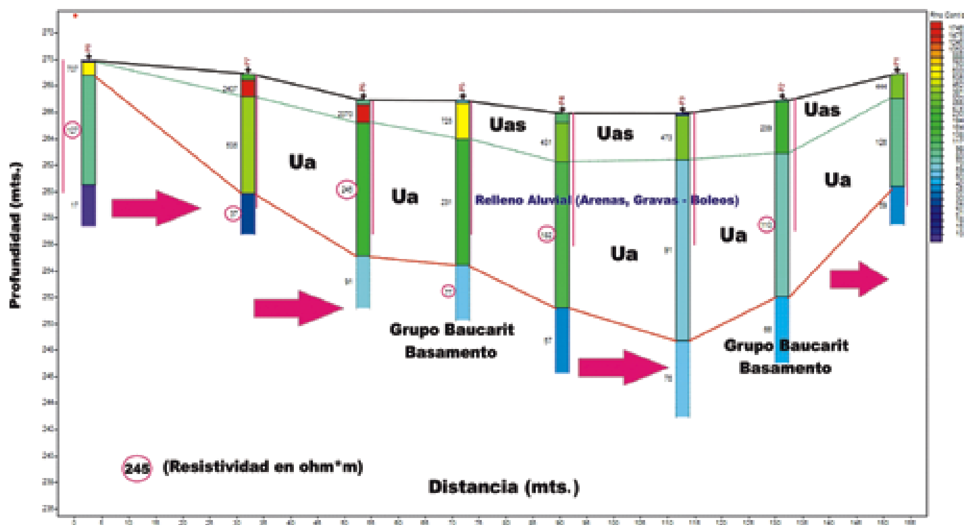
La unidad aluvial saturada del Río Tecoripa es la más importante desde el punto de vista geohidrológico, para el almacenamiento de agua subterránea; desde el sitio de La Cortina hasta el poblado de Suaqui Grande presenta poco espesor (4.0 a 20.0 m), lo que limita en gran medida la disponibilidad del recurso, sobre todo en épocas de estiaje.

El basamento, prácticamente impermeable, está representado por secuencias litológicas correspondientes al denominado Grupo Báucarit (conocido como "El Cascajo" a nivel local), con espesores que varían de las decenas a los cientos de metros e improductivo desde el punto de vista geohidrológico (agua para abrevadero). Las secciones geoeléctricas obtenidas muestran el comportamiento de las diferentes unidades detectadas en el subsuelo.

En el sitio de La Cortina, las profundidades al basamento impermeable representado por el Grupo Báucarit, varían de un mínimo de 1.2 m a un máximo de 17.0 m.

En el presente trabajo se muestran algunas de las secciones geoeléctricas que definen el comportamiento de las diferentes unidades detectadas en el subsuelo del Río Tecoripa (Figuras 5 y 6).

Figura 5. W – Sección geoeléctrica La Cortina – E.



Uas: unidad aluvial sin saturación; Ua: unidad aluvial saturada.

Estudio gravimétrico

El método gravimétrico de prospección consiste en la medición de los valores de la gravedad terrestre, con el objeto de determinar las desviaciones o "anomalías" del comportamiento normal del campo gravitacional, ocasionadas por cambios de densidad en los materiales del subsuelo. El fundamento físico-matemático del método descansa en la "Ley de la Gravitación Universal" de Newton, expresada por la relación:

$$F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Donde:

F = módulo de la fuerza ejercida entre ambos cuerpos, y su dirección se encuentra

Eva Lourdes Vega Granillo et al.: UNISON / EPISTEMUS 17 / Año 8/ 2014/ pág.: 23-31



en el eje que une ambos cuerpos (dina o Newton).
G = constante de la gravitación universal (6.67428 ± 0.00067) $X10^{-11}$ N m^2 kg^{-2}.
m_1 y m_2 = masas unitarias (g).
r = distancia que separa los centros de dichas masas (m).

Debido a las variaciones prácticamente despreciables que experimenta el campo gravitacional (980 gals en el Ecuador a 985 gals en los polos donde 1 gal = 1 cm/seg^2), es necesario contar con instrumentos lo suficientemente sensibles que permitan efectuar mediciones muy precisas de la gravedad; dichos instrumentos se denominan Gravímetros.

Para la gravimetría de Acuífero del Río Tecoripa se usó un Gravímetro Scintrex-Autograv CG-5, totalmente automatizado. La distancia entre perfiles gravimétricos fue variable (176 - 9,023 m), así como la distancia entre estaciones (5 - 150 m); el número de perfiles y de estaciones fue de 6. La resolución fue de 0.001 miligal, con un rango de operación de 8,000 miligals sin necesidad de resetear.

Una vez obtenidos los datos de campo con el gravímetro, el procesado e interpretación de los mismos requiere que se apliquen las correcciones siguientes:

Corrección por deriva instrumental + marea gravimétrica (efecto Luni – Solar).

- Corrección por latitud.
- Corrección por elevación (Aire libre o de Faye).
- Corrección de Bouguer.
- Corrección por topografía (Terreno).

Al valor de gravedad que se obtiene en cada punto de medición una vez realizadas las correcciones señaladas, se le conoce como "Gravedad de Bouguer". El siguiente paso consiste en obtener la llamada "Anomalía de Bouguer" para lo cual, a partir de los datos de Gravedad de Bouguer, se resta el valor de una estación de referencia (base). A partir del plano o perfil de Anomalía de Bouguer se lleva a cabo la separación Regional-Residual, para eliminar efectos no deseados.

El Residual, puede ser interpretado cuantitativamente para deducir la estructura del subsuelo, reduciendo la ambigüedad con ayuda de la información geológica y/o geofísica disponible. En el Acuífero del Río Tecoripa, las densidades utilizadas fueron de 1.8 g/cm^3 para la cubierta aluvial y de 2.2 g/cm^3 para el basamento (Grupo Báucarit).

Interpretación geofísica

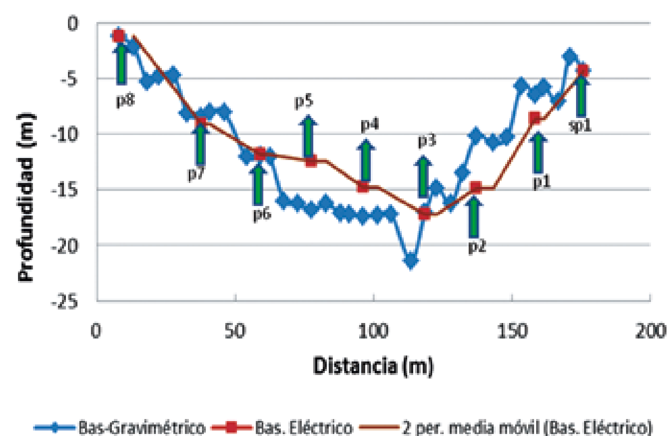
La interpretación conjunta indica que las unidades geohidrológicas que conforman el subsuelo de los sitios analizados están representadas por:

Unidad aluvial sin saturación o zona vadosa (Uas), constituida por materiales granulares de espesor variable representados por arenas, gravas y boleos cuyo espesor descansa entre los 5.0 y los 10.0 m. Presenta un rango de resistividades que varían desde los 230 a mayores de los 2,000 W - m, que son valores típicos para materiales de granulometría media a gruesa sin saturación (Figura 6).

Unidad aluvial saturada (Ua), la más importante desde el punto de vista geohidrológico, se caracteriza por presentar un rango de resistividades que varían desde los 90 hasta los 535 W - m. Estas resistividades son típicas de materiales de acarreo y relleno aluvio-fluvial, tales como gravas, boleos y arenas de alta porosidad y permeabilidad. Los espesores varían de 4.0 a 20.0 m (Figura 6).

Unidad basal (Basamento), conocida como "El Cascajo" a nivel local, aflora en los extremos del perfil, así como a lo largo de ambas márgenes del Río Tecoripa y es el asiento del propio poblado, así como del de Suaqui Grande; constituye el basamento impermeable de la región. Se caracteriza por la presencia de un conglomerado polimíctico con matriz arcillo-limosa con intercalaciones de estratos areno-arcillosos. Su actitud es prácticamente horizontal en el sitio de La Cortina. Las resistividades que se observan para esta unidad, en dicho sitio, varían de un mínimo de 37 a un máximo de 127 W - m. Desde el punto de vista geohidrológico es un productor pobre, como lo muestran las perforaciones profundas que lo cortan (Figura 6).

Figura 6. W – Perfil La Cortina – E.



Los símbolos SP1 a P8 representan los sondeos eléctricos verticales.

Se concluye de la geofísica que los reducidos espesores del relleno aluvial (Figuras 5 y 6) indican una pobre fuente de retención de los escurrimientos, por lo cual, es imprescindible realizar obras que permitan reducir la velocidad del agua, propiciando una mayor infiltración al subsuelo.

HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Para realizar el balance hidrológico superficial, en el presente estudio, se usaron las estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional [4] denominadas Tecoripa y Suaqui Grande, ubicadas dentro de la Cuenca del Río Tecoripa y 7 de las estaciones más próximas fuera de la cuenca (San José de Pimas, Mazatán, Rebeiquito, Soyopa, Punta de Agua II, P. Álvaro Obregón y Ónavas).

La lluvia media anual de la cuenca hidrológica en estudio se obtuvo usando el método de los Polígonos de Thiessen, que consiste en trazar polígonos irregulares alrededor de cada estación meteorológica, para posteriormente multiplicar la lluvia de la estación por el área del polígono [5] (Figura 7).

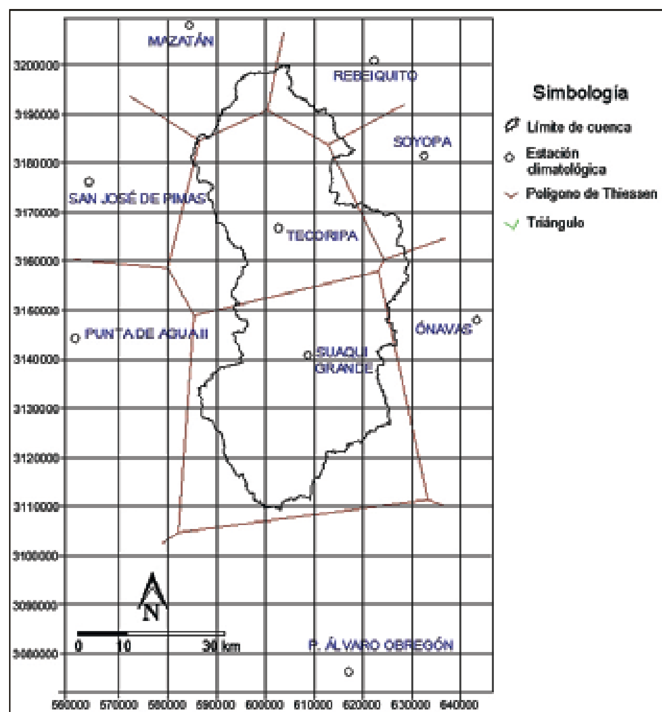


Figura 7. Trazado de los Polígonos de Thiessen en la cuenca.

La lluvia media anual obtenida fue de 518.26 mm, que multiplicada por el área de la cuenca de 2,447,440,345.77 m^2 da un volumen precipitado al año de 1,268.42 Hm^3.

Para conocer la evapotranspiración real anual en la Cuenca del Río Tecoripa se usó la ecuación propuesta por Coutagne en 1954, $ET = P - \lambda P^2$ [5]; se consideró una temperatura media del aire de 22.87°C, se calculó el parámetro lambda, $\lambda = 1/[0.8 + 0.14T]$ de 0.25, y se usó



la precipitación media anual previamente calculada; estos datos se reemplazaron en la fórmula dando una evapotranspiración real anual de 451.14 mm, que equivale a un volumen evapotranspirado al año de 1,104.15 Hm^3, lo que representa el 87.0% del volumen llovido en la cuenca.

Se sabe que el coeficiente de escurrimiento de una cuenca se calcula con la relación $Ce = Ve/Vp$ (volumen escurrido/volumen precipitado). En el presente trabajo se usó el método indirecto de la Norma Oficial Mexicana [6] para calcularlo. El primer paso consistió en recorridos de campo para determinar las unidades geohidrológicas (tipo de suelo), clasificándolas como permeable, semipermeable o impermeable según fuera el caso. En dichos recorridos también se registraron los usos de suelo, entre los que destacó zonas de cultivo agrícola (cauce del río), zonas con bosque con menos del 50% de cobertura vegetal (montañas) y zonas de mezquital y matorral (parte del valle aluvial).

El promedio de los coeficientes de escurrimiento calculados fue de 12.0% (2014), que al multiplicarlo por el volumen precipitado dio un volumen natural de escurrimiento de 152.21 Hm^3, siendo la lámina escurrida igual a 62.19 mm/año. Comparando estos resultados con los de otros autores que aplicaron el método del Número de curva para obtener el coeficiente de escurrimiento, éste varió año con año, de 25.0% (1988) a 7.0% (2012).

Por último, se calculó la infiltración media anual del acuífero, despejándola de la ecuación del ciclo hidrológico ($Pp = Esc + Evap + Inf \pm S$), la cual dio una lámina anual infiltrada de 4.93 mm (12.06 Hm^3), considerado como la recarga vertical al acuífero, que equivale al 1% del agua de la lluvia que se infiltra verticalmente.

HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

El Acuífero del Río Tecoripa es de tipo libre; en el presente estudio por medio de la geología y geofísica se reconocieron básicamente 3 unidades geohidrológicas: Unidad aluvial sin saturación (Uas), Unidad aluvial saturada (Ua) y Unidad basal (Basamento).

Las fronteras impermeables del acuífero son material geológico de baja permeabilidad que consiste de rocas sedimentarias (Formación o Grupo Báucarit) del Terciario medio.

La relación entre la topografía de la cuenca y la profundidad al nivel estático, en sitios específicos cercanos al poblado de Suaqui Grande, se muestra en la figura 8.

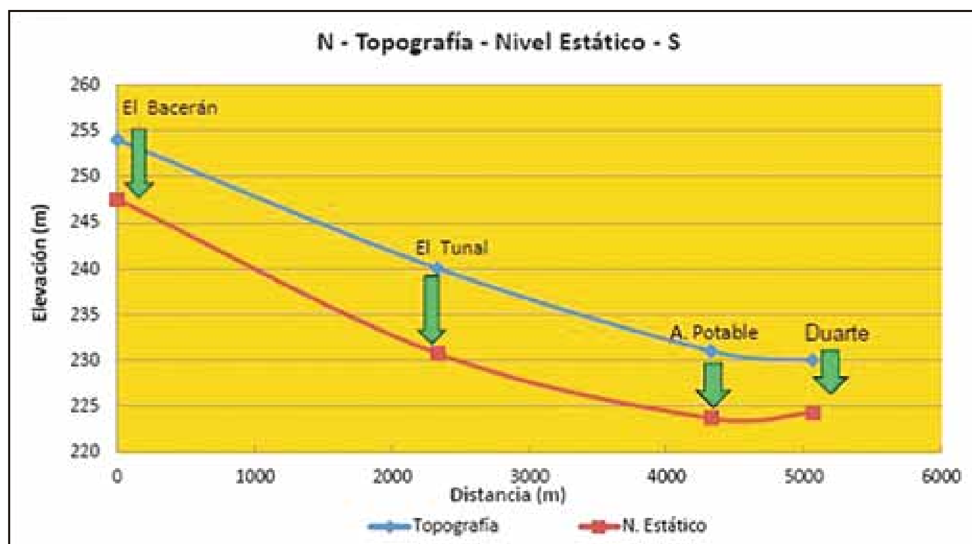


Figura 8. Nivel estático del agua en los pozos del Acuífero del Río Tecoripa.

Parámetros geohidrológicos

Para complementar el conocimiento del acuífero, se realizaron 18 pruebas de bombeo de corta duración en los pozos de la zona, usando sonda eléctrica, cronómetro y cinta métrica. Las pruebas de bombeo fueron de abatimiento y de recuperación de los niveles dinámicos.

Aplicando el programa Aquifer Test, seleccionando el Método de Theis, se obtuvo la transmisividad, la conductividad hidráulica y el coeficiente de almacenamiento (Tabla 1), teniendo como datos conocidos el gasto del pozo y el espesor saturado del acuífero obtenido con geofísica. La ubicación de los pozos se muestra en la figura 11.

Tabla 1. Parámetros geohidrológicos en pruebas de bombeo (abatimiento).

Pozo	Clave	Gasto (m^3/s)	Espesor saturado (m)	Transmisividad (m^2/s)	Conductividad hidráulica (m/s)	Coeficiente de almacenamiento (adimensional)
El Tunal	sg-19	0.036	47.790	2.98E-03	1.49E-04	3.42E-06
San Bartolo	sg-11	0.036	50.110	3.92E-03	1.96E-04	2.41E-07
Agua Potable Suaqui Grande	sg-07	0.013	51.690	1.20E-03	6.01E-05	1.38E-06
El Alamito	sg-14	0.036	47.130	2.64E-03	1.32E-04	9.79E-06
Agua Potable Tecoripa	sg-35	0.010	53.280	1.13E-03	5.63E-05	2.58E-06
La Burqueña	sg-37	0.003	5.790	5.88E-04	2.94E-05	9.31E-07
El Bacerán	sg-23	0.003	7.250	6.81E-04	3.40E-05	2.41E-07
El Tepeguaje	sg-21	0.004	5.210	6.20E-04	3.10E-05	8.74E-08
Máximo		0.036	53.280	3.92E-03	1.96E-04	9.79E-06
Mínimo		0.003	5.210	5.88E-04	2.94E-05	8.74E-08
Promedio		0.018	33.531	1.72E-03	8.60E-05	2.33E-06

El mayor gasto se presentó en los pozos El Tunal, San Bartolo y El Alamito (0.036 m^3/s) y el menor en los pozos La Burqueña y El Bacerán (0.003 m^3/s); el mayor espesor saturado en el pozo Agua Potable Tecoripa (53.280 m) y el menor en El Tepeguaje (5.210 m); las mayores transmisividad y conductividad hidráulica se registraron en el pozo San Bartolo y las menores en La Burqueña; el mayor coeficiente de almacenamiento fue en el pozo El Alamito (9.79E-06) y el menor en El Tepeguaje (8.74E-08) (Tabla 1).

Las figuras 9 y 10 muestran ejemplos de las gráficas que se generaron tanto en pruebas de abatimiento como de recuperación.

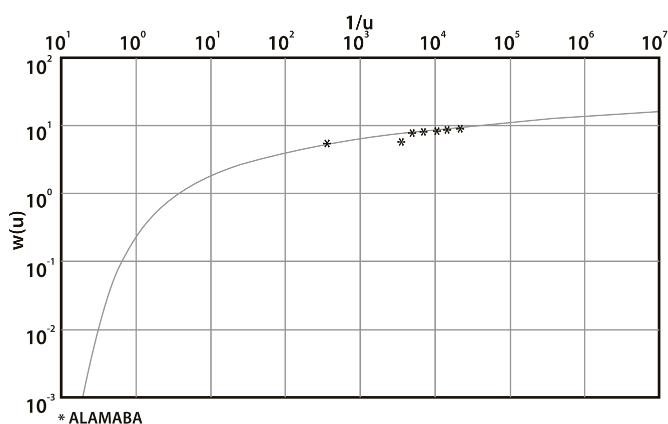


Figura 9. Prueba de bombeo (abatimiento) en el pozo El Alamito.

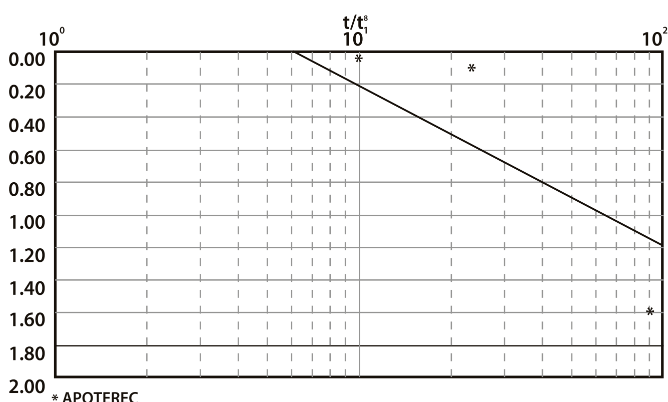


Figura 10. Prueba de bombeo (recuperación) en el pozo Agua Potable Tecoripa.

Red de flujo de agua subterránea

Como parte de la investigación, se elaboró un censo de 35 aprovechamientos entre norias y pozos con profundidad media; a los pozos se les asignó la clave "sg" seguida de un número (Figura 11). En el campo se midió en los pozos la profundidad del nivel estático (m), y en gabinete, se obtuvo la elevación del nivel estático (msnm). La profundidad del agua en los pozos del Acuífero del Río Tecoripa varía de 4.55 m (pozo sg37) a 65.50 m (pozo sg26); las elevaciones del nivel estático van de 215.24 msnm (pozo sg-38) a 572.20 msnm (pozo sg-25). El promedio de profundidades es de 12.69 m y de elevaciones de 332.77 msnm.

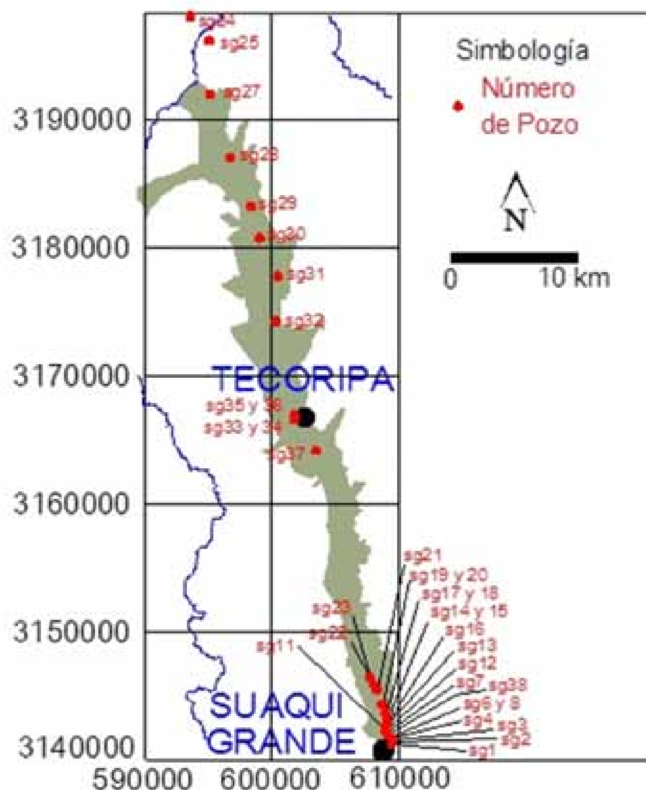


Figura 11. Aprovechamientos del Acuífero del Río Tecoripa, Sonora.

Los datos puntuales de piezometría se interpolaron para construir una red de flujo de entrada y una de salida de agua subterránea. Con la red de flujo se puede conocer la dirección del movimiento del agua subterránea y el gasto (m^3/s) que pasa por cada celda. En los cálculos se usó un valor promedio de transmisividad de los obtenidos en las pruebas de bombeo (Tabla 1).



Se calculó la entrada horizontal de agua subterránea entre las líneas equipotenciales 535 y 540 msnm mediante 4 celdas, siendo de 3.83 Hm^3 para el año 2014; la salida horizontal de agua se calculó entre la 255 y la 260 por medio de 3 celdas, resultando en 3.30 Hm^3 para el año 2014. El agua se mueve sensiblemente de N a S (Figura 12).

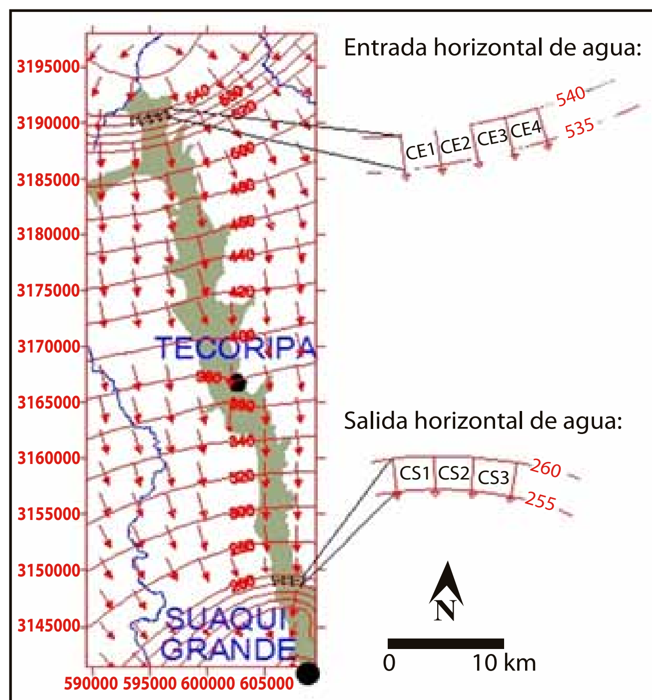


Figura 12. Red de flujo con datos piezométricos de 2014.

CONCLUSIONES

En el Acuífero del Río Tecoripa, la geología está representada por un conjunto de rocas de origen sedimentario e ígneo de complejas relaciones estructurales, debido a los eventos de deformación que dieron lugar a extensos plegamientos de dirección E-W y NW-SE.

Con el objeto de conocer las condiciones del subsuelo, se aplicaron técnicas indirectas de prospección geofísica, levantándose en total 30 sondeos eléctricos verticales (Resistividad eléctrica) y 6 perfiles (Gravimetría) integrados en 190 estaciones. Los cortes geoeléctricos representativos del Río Tecoripa varían de 3 a 5 capas perteneciendo a los tipos K, KQ, AK, KH y KQQ respectivamente, indicativos de la presencia de cobertura aluvial de espesor variable. La cobertura aluvial del Río Tecoripa, la más importante desde el punto de vista geohidrológico para el almacenamiento de agua subterránea, desde el sitio de La Cortina hasta el poblado de Suaqui Grande, presenta un espesor que va de 4.0 a 20.0 m. El basamento, prácticamente impermeable, está representado por secuencias litológicas del Grupo Báucarit ("El Cascajo"), con espesores que varían de las decenas a los cientos de metros e improductivo desde el punto de vista geohidrológico. En el sitio de La Cortina, las profundidades al basamento impermeable representado por el Grupo Báucarit, varían de un mínimo de 1.2 m a un máximo de 17.0 m.

De los cálculos realizados se concluye que en el año 2014, el gasto total de entrada para la sección del acuífero seleccionada fue de 3.83 Hm^3 y el de salida de 3.30 Hm^3.

De las pruebas de bombeo realizadas, se observan las mayores transmisividad y conductividad hidráulica en el pozo San Bartolo (3.92E-03) y las menores en La Burqueña (5.88E-04); el mayor coeficiente de almacenamiento fue en el pozo El Alamito (9.79E-06) y el menor en El Tepeguaje (8.74E-08). El mayor espesor saturado se presentó en el pozo Agua Potable Tecoripa (53.28 m) y el menor espesor en El Tepeguaje (5.21 m).

Respecto a los gastos, sólo tres pozos son de 36 L/s, los de agua potable de Tecoripa; los pozos de Suaqui Grande son de 10 y 13 L/s, respectivamente; y las norias de 3 a 4 L/s.

Para realizar el balance hidrológico superficial, se usaron datos de 9 estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional, dentro y fuera del área del acuífero. Por medio del método de los Polígonos de Thiessen, se calculó una lluvia media anual de 0.52 mm (1,268.42 Hm^3), una evapotranspiración real anual por el método de Coutagne de 0.45 m (1,104.15 Hm^3), lo que representa el 87% del volumen llovido en la cuenca. El promedio de los coeficientes de escurrimiento fue de 0.12 (12%), obtenido con la Norma Oficial Mexicana, equivalente a un volumen natural de escurrimiento de 152.21 Hm^3. La infiltración media anual despejada de la ecuación del ciclo hidrológico fue 4.93 mm (12.06 Hm^3), considerado como la recarga vertical al acuífero, o el porcentaje del agua de la lluvia que se infiltra verticalmente.

Se concluye que el volumen infiltrado no es suficiente para los usos que se realizan en el Acuífero del Río Tecoripa, por lo que se recomienda se realicen obras hidráulicas de recarga artificial.

BIBLIOGRAFÍA

1) CONAGUA, «Determinación de la disponibilidad de agua en el Acuífero 2639 Río Tecoripa, Estado de Sonora,» SEMARNAT, México, 2010.
2) E. Dumble, «Notes on the geology of Sonora, Mexico,» American Institute of Mining and Petroleum Engineering Transactions, vol. 29, pp. 122-152, 1900.
3) G. Alencaster de Cserna, «Estratigrafía del Triásico Superior de la parte central del estado de Sonora. Parte I.,» Paleontología del Triásico Superior en Sonora: UNAM, Paleontología Mexicana, vol. 11, pp. 1-18, 1961.
4) Servicio Meteorológico Nacional, Datos de estaciones climatológicas (P, T, E), Hermosillo, Sonora: CONAGUA, 2014.
5) E. L. Vega Granillo, Hidrogeología, Hermosillo, Sonora: UNISON, 2011.
6) Norma Oficial Mexicana, NOM-011-CONAGUA-2000. Conservación del recurso agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales., México, D.F.: Poder Ejecutivo, Sría. Med. Amb. y Rec. Nat. Diario Oficial, 2002.

PREVALENCIA DE POLIFARMACIA EN ADULTOS MAYORES RESIDENTES DE ESTANCIAS DE HERMOSILLO, SONORA

* ANDRÉS CANALE SEGOVIA, GERARDO ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, RAFAEL EDUARDO CUEN RENDÓN, MARIA DEL CARMEN CANDIA PLATA,

RESUMEN

El término polifarmacia se refiere a la utilización constante de múltiples fármacos por una persona. Debido a que los adultos mayores constituyen el grupo etario con mayor prevalencia de enfermedades crónico-degenerativas, la polifarmacia es un fenómeno común en poblaciones geriátricas. No se conoce con precisión cuál es la prevalencia en un grupo de estancias geriátricas del estado de Sonora. Se realizó un estudio transversal, para estimar la prevalencia por polifarmacia en una muestra probabilística de adultos mayores residentes de estancias geriátricas en Hermosillo, Sonora. Factores asociados con el resultado fueron examinados mediante regresión logística bivariada. La prevalencia por polifarmacia (definida como consumo concomitante de 4 o más fármacos) fue de 36.1%, sin diferencias significativas respecto al tipo de enfermedades crónicas padecidas, así como a la edad y sexo de los sujetos. Los sujetos con polifarmacia presentaron una excesiva tendencia de riesgo, diez veces superior, cuando la prescripción farmacológica era realizada por más de un médico, y tuvieron cinco veces más probabilidad de presentar algún efecto adverso a medicamentos respecto a los sujetos con ausencia de polifarmacia. La polifarmacia es un fenómeno que requiere mayor atención, control e investigación actualmente, toda vez que los adultos mayores son el grupo poblacional con mayor tendencia de crecimiento en México.

Palabras clave: Polifarmacia, adultos mayores, Sonora, México.

ABSTRACT

Polypharmacy refers to the constant use of multiple drugs by one person. Because the elderly constitute the age group with highest prevalence of chronic illnesses, polypharmacy is a common phenomenon in geriatric populations. The prevalence of polypharmacy in a group of elderly nursing homes in the state of Sonora is unknown. A cross-sectional study was carried out to estimate the prevalence of polypharmacy in a probabilistic sample of elderly nursing home residents in Hermosillo, Sonora. Factors associated with the outcome were assessed by bivariate logistic regression. The prevalence of polypharmacy (defined as concomitant consumption of four or more drugs) was 36.1%, without significant differences regarding the type of chronic illnesses, as well as the age and sex of the study subjects. Individuals with polypharmacy had a 10-fold excess of risk when more than one physician did the pharmacologic prescription. Moreover, subjects with polypharmacy had five times more risk of presenting any drug adverse effect in comparison to individuals without polypharmacy. Polypharmacy requires more attention, control and additional research, given that the elderly are the population group with highest growth in Mexico.

Key words: *Polypharmacy, elderly, Sonora, Mexico.*

EST. ANDRÉS CANALE SEGOVIA
Licenciatura en Medicina, Universidad de Sonora
Correo: canale_seg@hotmail.com
EST. RAFAEL EDUARDO CUEN RENDÓN
Licenciatura en Medicina, Universidad de Sonora
Correo: e.963@hotmail.com

DRA. MARIA DEL CARMEN CANDIA PLATA
Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad de Sonora
Correo: carmenc@guayacan.uson.mx
DR. GERARDO ÁLVAREZ HERNÁNDEZ
Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad de Sonora
Correo: galvarezh63@gmail.com

*Autor para correspondencia: Gerardo Álvarez Hernández
Correo electrónico: galvarezh63@gmail.com
Recibido: 23 de julio de 2014
Aceptado: 30 de octubre de 2014
ISSN: 2007-4530



INTRODUCCIÓN

El término polifarmacia se refiere a la utilización de múltiples fármacos por una persona, de manera constante [1]. Pese a que no existe un consenso internacional sobre la definición precisa de este término, se le acepta como el consumo concomitante de cuatro o más fármacos [2-5], aunque otros autores establecen como mínimo el consumo de cinco, e incluso seis fármacos en su definición [6, 7].

Los adultos mayores constituyen el grupo con mayor tendencia al crecimiento respecto de otros grupos poblacionales [8]. La alta prevalencia de enfermedades crónico-degenerativas en los adultos mayores es un factor determinante para que este grupo sea el más medicado de la población en general. De hecho, alrededor del 85% de los mayores de 60 años toman algún medicamento, sea por prescripción médica o por automedicación, lo que podría producir antagonismos o interacciones adversas al combinarse su ingesta [9, 10]. Por tales motivos, se ha considerado la polifarmacia como un síndrome geriátrico [11-13], cuya prevalencia es variable dependiendo de la definición, diseño de estudio y sitio de realización del mismo.

En ese sentido, recientemente se ha informado que el empleo inadecuado de medicamentos causaría cerca del 25% de las admisiones hospitalarias y que el riesgo de presentar un efecto adverso aumentaría de acuerdo al número de medicamentos prescritos [14, 15]. Adicionalmente, se ha encontrado que la polifarmacia ocasiona problemas en la adherencia al tratamiento e incrementa la probabilidad de que existan interacciones fármaco-fármaco y prescripción en cascada [16]. Asimismo, se ha observado que la polifarmacia provoca otros efectos desfavorables, por ejemplo, disminuye las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria del adulto mayor, aumenta la prescripción inadecuada de otros fármacos; detona la presencia de otros síndromes geriátricos; aumenta los gastos médicos e incrementa la mortalidad [17, 18].

Las cifras de la prevalencia por polifarmacia son variables y en el caso de México se ha estimado ya en población hospitalizada, pero poco se sabe sobre esta situación en la población en estancias que no reciben tratamiento hospitalario y que por sus condiciones de salud pueden diferir de otras poblaciones adultas. Así, es posible que la prevalencia por polifarmacia en adultos mayores de la ciudad de Hermosillo, Sonora sea diferente a la de otros países, por ejemplo Dwyer [19] reportó una prevalencia de 40% en adultos mayores estadounidenses residentes de estancias geriátricas.

En tal contexto, el presente estudio explora el fenómeno de polifarmacia en un grupo de estancias geriátricas de la ciudad de Hermosillo, Sonora, a fin de determinar su prevalencia y distribución de acuerdo a la edad y sexo de los sujetos. Adicionalmente, evaluar estos resultados en relación con el número de médicos que prescriben los fármacos, así como los eventos adversos que pueden ocurrir en los adultos mayores. El estudio proveerá las bases para futuras investigaciones a este respecto, y contribuirá al diseño de estrategias de prevención y promoción de la salud sobre este tema.

METODOLOGÍA

Se trata de un estudio transversal, de tipo descriptivo, que incluyó como sujetos de estudio a 72 adultos mayores de 60 años de edad en adelante, residentes de seis estancias geriátricas de asistencia social de la ciudad de Hermosillo, Sonora. Dichas estancias son instituciones que otorgan albergue, alimento y cuidado médico a adultos mayores en estado de soledad, abandono y/o pobreza. Antes de su implementación, la investigación fue aprobada por el Comité de Bioética en Investigación del Departamento de Medicina y Ciencias de la Salud de la Universidad de Sonora.

Para este estudio, polifarmacia fue definida como el consumo concomitante de cuatro o más fármacos por un periodo mínimo de tres meses [1-5, 20]. Los fármacos consumidos por los sujetos elegidos fueron clasificados de acuerdo al Sistema de Clasificación Anatómica, Terapéutica, Química – ATC, de la Organización Mundial de la Salud [21]. Asimismo, los padecimientos crónicos que presentaron los sujetos fueron clasificados de acuerdo a la 10ª Revisión de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) publicada por la Organización Mundial de la Salud [22].

Por razones de confidencialidad a cada estancia elegida convenientemente se le asignó un número de identificación; la distribución de sujetos por estancia se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de sujetos por estancia.

Estancia	Residentes	
	Número	Población
1	27	Mixta
2	38	Mixta
3	21	Masculina
4	16	Femenina
5	11	Masculina
6	8	Femenina



Los sujetos fueron elegidos de acuerdo a dos criterios: si contaban con una edad de 60 años o más, y si eran residentes de la estancia al menos por tres meses previos a la recolección de datos. Se excluyó a todo sujeto cuya administración o suministro de fármacos no estaba bajo supervisión o control por parte del personal cuidador; aquéllos cuya ingesta se desconocía, o bien, si había ausencia de la misma.

Para la selección de los sujetos, se utilizó un diseño muestral probabilístico. La muestra de estudio fue elegida aleatoriamente, en base al listado nominal de los sujetos residentes de las estancias. Así, considerando un marco muestral de 121 adultos mayores, utilizando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, se estimó un tamaño de muestra de 92 sujetos. No obstante, 20 sujetos fueron eliminados del estudio por ausencia de medicación.

Los datos del estudio fueron obtenidos directamente de la persona responsable de la suministración de los fármacos a los adultos mayores, en cada institución. Para ello se empleó un cuestionario semi-estructurado de siete temas, que se elaboró en base a la revisión de la literatura [23]. El análisis de datos, incluyó la estimación de la prevalencia por polifarmacia y su intervalo de confianza al 95%. Las variables del estudio fueron caracterizadas mediante estadística descriptiva, y las pruebas de chi-cuadrada (variables categóricas) y T de Student (variables continuas) probaron las diferencias; valores de $p < 0.05$ fueron considerados estadísticamente significativos. Finalmente, se utilizó regresión logística bivariada para evaluar el efecto de las variables sexo y edad de los sujetos, la aparición de efectos adversos a medicamento y el tipo de indicación médica.

RESULTADOS

La muestra final del presente estudio estuvo constituida por 72 sujetos, en los que se encontró una prevalencia por polifarmacia de 36.1% [IC 95% (25.0, 47.2)]. La prevalencia por polifarmacia no fue diferente en las estancias seleccionadas ($p=0.450$). Esta prevalencia fue discretamente superior en los varones sin diferencia significativa respecto de las mujeres (53.8%, $p=0.891$). Tampoco se observaron diferencias en la distribución etaria ($p=0.124$), aunque la prevalencia fue discretamente mayor en los adultos mayores de 75 a 89 años de edad (61.5%) (Figura 1). No obstante esto, al comparar la edad media de los sujetos de acuerdo a la estancia de residencia, se apreció que el promedio de edad era menor en los sujetos con polifarmacia de las unidades 2, 4 y 5. La situación contraria se observó en la estancia 6. La media de fármacos suministrados en los sujetos con polifarmacia fue de 5.64 (±0.32), siendo esta significativamente mayor ($p<0.001$) que la media de fármacos suministrados a los sujetos sin polifarmacia, la cual fue 1.82 (±0.12). Los detalles de la distribución se muestran en la Tabla 1.

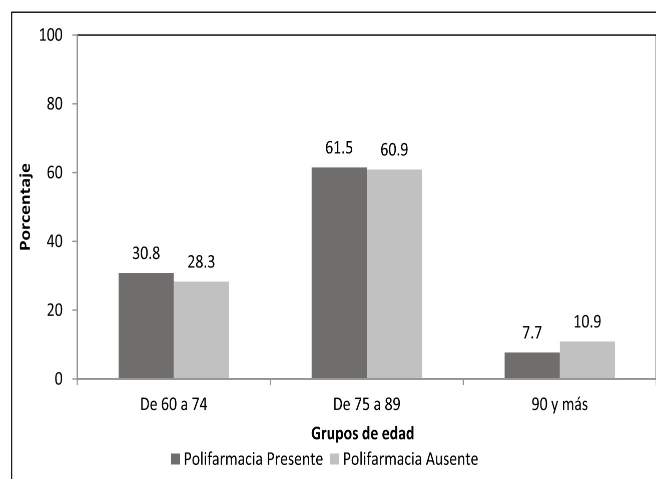


Figura 1. Distribución de polifarmacia en estancias geriátricas, de acuerdo a grupos de edad. Hermosillo, Sonora (2014).

Tabla 2. Prevalencia por polifarmacia en adultos mayores residentes de estancias de Hermosillo, Sonora (2014).

	Polifarmacia N (%)			
Variable	**Presente (n=26)**	**Ausente (n=46)**	**Total (N=72)**	**P1/**
Sexo				
Masculino	14 (53.8)	24 (52.2)	38 (52.8)	0.891
Femenino	12 (46.2)	22 (47.8)	34 (47.2)	
Prevalencia por institución				
Estancia 1	11 (42.3)	12 (26.1)	23 (31.9)	0.450
Estancia 2	5 (19.2)	16 (34.8)	21 (29.2)	
Estancia 3	6 (23.1)	6 (13.0)	12 (16.7)	
Estancia 4	2 (7.7)	7 (15.2)	9 (12.5)	
Estancia 5	1 (3.8)	3 (6.5)	4 (5.6)	
Estancia 6	1 (3.8)	2 (4.3)	3 (4.2)	
Edad de los sujetos 2/ **	78.25 (± 9.48)	79.81 (± 8.66)	79.25 (± 8.94)	0.124
Edad de los sujetos de acuerdo a institución 2/ **				
Estancia 1	82.14 (± 7.78)	79.78 (± 11.58)	80.91 (± 9.80)	0.306
Estancia 2	69.69 (± 9.59)	78.81 (± 8.01)	76.63 (± 9.08)	<0.001*
Estancia 3	76.25 (± 7.41)	75.35 (± 6.41)	76.64 (± 6.92)	0.606
Estancia 4	80.80 (± 7.78)	85.05 (± 5.68)	83.94 (± 6.05)	0.0191*
Estancia 5	69.50 (± 0.00)	77.75 (± 10.52)	75.69 (± 9.53)	<0.001*
Estancia 6	95.50 (± 0.00)	81.08 (± 2.47)	85.89 (± 8.51)	<0.001*
Número de fármacos suministrados 2/**	5.41 (±0.32)	1.82 (±0.12)	2.70 (±0.24)	<0.001*

1/ Basado en una prueba multinomial de chi-cuadrada
2/ Media ± desviación estándar.
* Estadísticamente significativo.
** Basado en una prueba de T de Student.

Todos los sujetos del estudio padecían al menos una enfermedad crónica, con una mediana de tres enfermedades crónicas en los sujetos con polifarmacia y de dos enfermedades para aquellos que no la presentaban (p=0.002). No hubo diferencias en la distribución de la prevalencia de acuerdo al tipo de padecimiento crónico (p=0.997). Se apreció que las enfermedades del sistema circulatorio (56.9%), particularmente la hipertensión arterial sistémica fueron las más frecuentes (31.5%). Los trastornos mentales y del comportamiento (48.6%), predominando la demencia senil (19.6%), ocuparon el segundo lugar en frecuencia. En tercer lugar los padecimientos endocrinológicos, nutricionales y metabólicos (33.3%), destacando la diabetes mellitus tipo 2 (19.6%) (Tabla 2).





Tabla 3. Prevalencia por polifarmacia en adultos mayores residentes de estancias, según tipo de enfermedad crónica. Hermosillo, Sonora (2014).

	Polifarmacia N (%)			
Tipo de enfermedad crónica	**Presente (n=26)**	**Ausente (n=46)**	**Total (N=72)**	**P[1/]**
Clasificación de acuerdo al CIE-10*				
Del sistema circulatorio	15 (57.7)	26 (56.5)	41 (56.9)	0.997
Trastornos mentales y del comportamiento	13 (50.0)	22 (47.8)	35 (48.6)	
Endócrinas, nutricionales y metabólicas	9 (34.6)	15 (32.6)	24 (33.3)	
Del ojo y sus anexos	4 (15.4)	8 (17.4)	12 (16.7)	
Osteomusculares y del tejido conectivo	4 (15.4)	8 (17.4)	12 (16.7)	
Del sistema nervioso	2 (7.7)	8 (17.4)	10 (13.9)	
Del aparato genitourinario	2 (7.7)	5 (10.9)	7 (9.7)	
Del sistema respiratorio	2 (7.7)	3 (6.5)	5 (6.9)	
Del aparato digestivo	2 (7.7)	3 (6.5)	5 (6.9)	
Otras [2/]	2 (7.7)	5 (10.9)	7 (9.7)	

[1/] Basado en una prueba multinomial de chi-cuadrada.
[2/] Incluye: hematológicas, dermatológicas, del oído y malformaciones congénitas.
* CIE-10: Clasificación Internacional de Enfermedades, 10[a.] Edición. OMS.

Ahora bien, cuando un sólo médico fue el responsable de la indicación de los fármacos, el porcentaje de polifarmacia (23.1%) fue significativamente menor ($p<0.001$), que cuando varios médicos participaban en la prescripción (73.1%). También se encontró que la prevalencia por polifarmacia fue mayor en los sujetos en los que apareció algún efecto adverso a medicamentos ($p=0.016$). Los principales efectos adversos reportados fueron: mareo (30%), somnolencia (20%), aumento del apetito, irritación estomacal, xerostomía, bradicardia y diarrea (10% cada uno). Tampoco hubo diferencias ($p=0.694$) en la prevalencia por polifarmacia de acuerdo al tipo de fármacos suministrados (Tabla 3). Éstos fueron: en primer lugar los dirigidos al sistema nervioso (54.1%), luego al sistema cardiovascular (51.4%), y en tercer lugar, los relacionados al tracto alimentario y metabolismo (45.8%). Las sub-clasificaciones de fármacos más suministrados fueron: antipsicóticos (34.8%, principalmente olanzapina); drogas hipoglucemiantes orales (26.1%, sobresaliendo la metformina); antiepilépticos (19.6%, principalmente gabapentina y carbamazepina); antihipertensivos inhibidores de la ECA (13.0%, principalmente captopril).



Andrés Canale Segovia et al.: UNISON / EPISTEMUS 17 / Año 8/ 2014/ pág.: 32-40

Tabla 4. Prevalencia por polifarmacia en adultos mayores residentes de estancias según características seleccionadas. Hermosillo, Sonora (2014).

Variable	Polifarmacia N (%) Presente (n=26)	Ausente (n=46)	Total (N=72)	P[1/]
Indicación de los fármacos				
Por un médico	6 (23.1)	33 (71.7)	39 (54.2)	<0.001*
Por varios médicos	19 (73.1)	12 (26.1)	31 (43.1)	<0.001*
Auto medicado	0 (0.0)	1 (2.2)	1 (1.4)	0.449
No se sabe	1 (3.9)	0 (0.0)	1 (1.4)	0.180
Efectos adversos a los fármacos				
Presente	7 (26.9)	3 (6.5)	10 (13.9)	0.016*
Ausente	19 (73.1)	43 (93.5)	62 (86.1)	
Sistema para el que se indicó el fármaco**				
Sistema nervioso	16 (61.5)	23 (50.0)	39 (54.1)	0.694
Sistema cardiovascular	12 (46.2)	25 (54.3)	37 (51.4)	
Tracto alimentario y metabolismo	11 (42.3)	22 (47.8)	33 (45.8)	
Sangre y órganos formadores de sangre	5 (19.2)	10 (21.7)	15 (20.8)	
Órganos de los sentidos	3 (11.5)	2 (4.3)	5 (6.9)	
Sistema músculo esquelético	3 (11.5)	1 (2.2)	4 (5.6)	
Sistema genitourinario y hormonas sexuales	1 (3.8)	2 (4.3)	3 (4.2)	
Sistema respiratorio	1 (3.8)	1 (2.2)	2 (2.8)	
Otros [2/]	2 (7.7)	5 (10.9)	7 (9.7)	

[1/] Basado en una prueba de chi-cuadrada (cuando necesario, con corrección de Yates).
[2/] Incluye: dermatológicos, anti infecciosos para uso sistémico, preparados hormonales sistémicos.
* Estadísticamente significativo.
** En base al código ATC: Sistema de Clasificación Anatómica, Terapéutica, Química. OMS.

Finalmente, no se encontró que la presencia de polifarmacia se asociara con la edad ni el sexo de los adultos mayores. El grupo de sujetos con polifarmacia tuvo 10 veces mayor probabilidad [IC 95% (3.19, 34.22)] de haber recibido la prescripción de medicamentos por parte de varios médicos, comparados con los sujetos sin polifarmacia. Adicionalmente, se apreció que los sujetos con polifarmacia tenía 5 veces [IC 95% (1.23, 22.65)] más probabilidad de presentar un efecto adverso farmacológico, cuando se les comparó con adultos mayores sin polifarmacia (Tabla 4).

Tabla 4. Predictores de polifarmacia en sujetos adultos mayores residentes de estancias. Hermosillo, Sonora (2014).

Resultados de la regresión logística bivariada.

Variable	Coeficiente β	Error estándar	RMc	IC 95%
Edad (1=Grupo de 90 y más años)				
Grupo de 60 a 74 años	-0.36	0.82	0.70	(0.14, 3.49)
Grupo de 75 a 89 años	-0.30	0.76	0.74	(0.17, 3.31)
Sexo (1=Femenino)	0.07	0.49	1.07	(0.41, 2.80)
Indicación (1=Varios médicos)	2.35	0.61	10.45	(3.19, 34.22)*
Efecto adverso (1=Presente)	1.66	0.74	5.28	(1.23, 22.65)*

RMc = Razón de momios cruda.
IC 95% = Intervalo de confianza al 95%.
* Estadísticamente significativo.

DISCUSIÓN

El presente estudio documentó una prevalencia por polifarmacia de 36.1% en adultos mayores residentes de estancias, una cifra baja comparada con reportes previos. Por ejemplo, Dwyer [19] encontró una prevalencia por polifarmacia (≥ 9 fármacos) de 40% en una muestra de 13,507 adultos mayores adultos mayores de estancias de Estados Unidos. Este investigador señaló que aun cuando estos pacientes requieran complejos regímenes de medicación, el monitoreo y control de la polifarmacia puede mejorar la calidad de vida de los sujetos y reducir gastos innecesarios en la atención a la salud de los mismos. Otro estudio realizado por Onder [24] en ocho países europeos analizó el consumo de medicamentos de 4,023 adultos mayores residentes de estancias, e identificó una prevalencia por polifarmacia de 49.7% (5–9 fármacos) y de polifarmacia excesiva (10 o más fármacos) de 24.3%. En este estudio se encontró también que la presencia de comorbilidad, la edad y el estado cognitivo se asociaban a la presencia de polifarmacia, algo que no observamos en el presente estudio.

No tenemos conocimiento de estudios similares en México que hayan documentado la prevalencia por polifarmacia en estancias, aunque en pacientes geriátricos hospitalizados, Velázquez-Portillo [10] registró una prevalencia de 66.7%, de la que 28.7% fue debida a automedicación. Otro estudio a nivel comunitario, estimó una prevalencia de 32%, de la cual 18% obedecía a automedicación [25]. En ambos casos, se consideró polifarmacia al consumo ≥ 4 fármacos, lo que puede explicar la diferencia con nuestro estudio, en el que el bajo porcentaje de adultos mayores con automedicación (1.4%,) puede deberse a un mejor control y vigilancia de la medicación, así como al difícil acceso a medicamentos por parte de la población residente de estancias.

Por otro lado, aunque se ha señalado que existe una asociación positiva entre polifarmacia y la edad del adulto mayor [26, 27], no pudo ser corroborada en el presente estudio, probablemente porque la edad media de nuestros sujetos fue menor a la de esos reportes. Otros autores han documentado que la polifarmacia es mayor en mujeres [13, 28], sin embargo tampoco lo observamos en la presente investigación, lo que pudiera atribuirse al pequeño tamaño de nuestra muestra. Por esto, es recomendable que se realicen estudios posteriores con un mayor tamaño muestral.

Asimismo, observamos que la polifarmacia es más frecuente en sujetos que presentan múltiples patologías crónicas, lo que es consistente con reportes previos [29]. Las principales enfermedades identificadas, como la hipertensión arterial sistémica y la diabetes mellitus tipo 2, concuerdan con las documentadas en otras poblaciones geriátricas de México [10]. También, de modo semejante a un reporte mexicano [30], los principales fármacos suministrados en los sujetos estudiados fueron los dirigidos al sistema nervioso y al sistema cardiovascular.

Por otra parte, este estudio muestra que los sujetos con polifarmacia tienen una tendencia de riesgo superior a 10 veces, cuando la prescripción de medicamentos es realizada por varios médicos. Este índice de riesgo es superior a un reporte de Bergman [31], en el cual encontró una tendencia de riesgo de 40%, así como una relación entre el número de médicos prescriptores y una baja calidad de la terapéutica farmacológica [RM = 1.42, IC 95% (1.38-1.47)]. El incremento de riesgo podría deberse, al menos en parte, a un fenómeno llamado prescripción en cascada, que ocurre cuando un nuevo fármaco es prescrito para contrarrestar una reacción adversa producida por otro fármaco, basándose en la creencia errónea de que una nueva condición médica se ha desarrollado [32]; o bien, simplemente podría deberse a no suspender los medicamentos cuando éstos ya no son necesarios [33]. Estudios adicionales al respecto son necesarios a nivel local para precisar los factores que determinan la tendencia de riesgo.

También se ha encontrado que la polifarmacia se asocia a la aparición de efectos adversos a medicamentos. Por ejemplo, Nguyen [34] encontró que aquellos sujetos residentes de estancias que recibían 9 o más fármacos tenían 2.3 veces más riesgo de presentar alguna reacción adversa a medicamentos, respecto a un grupo control. Nosotros observamos tal relación, pues los sujetos con polifarmacia tuvieron 5 veces más probabilidad de presentar algún evento adverso, lo que puede incrementar el número de admisiones hospitalarias y se considera como un factor para predecir la mortalidad en el adulto mayor [33]. Sin embargo, no podemos concluir categóricamente

Andrés Canale Segovia et al.: UNISON / EPISTEMUS 17 / Año 8/ 2014/ pág.: 32-40



en este sentido, porque no recolectamos información sobre las dosis de los fármacos suministrados, número de ingresos hospitalarios o regímenes previos de medicación. Por lo tanto, estas variables deben considerarse en futuros estudios sobre el tema, más otros factores tales como la duración del padecimiento crónico y el tiempo durante el cual se suministra cada fármaco.

Finalmente, la mayoría de los estudios sobre polifarmacia han sido realizados en países desarrollados que tienen un mayor porcentaje de población envejecida, en contraste con los países en desarrollo. Esta cuestión puede originar diferencias en la distribución de la prevalencia por polifarmacia en poblaciones geriátricas latinoamericanas. Las tendencias demográficas en México indican que los adultos mayores son el grupo etario con mayor crecimiento a futuro, ya que se espera que para el año 2050 el 27.7% de la población mexicana (cerca de 34 millones de personas) estará conformada por individuos de 60 años de edad y más [35], quienes además tendrán una esperanza de vida mayor. Estos fenómenos demográficos se asociarán a una vulnerabilidad biológica y social más acentuada en este grupo poblacional, por lo que es fundamental que se realicen esfuerzos sistemáticos de investigación geriátrica en nuestro país, por ejemplo en la calidad de atención de la salud de los adultos mayores, entre lo que se encuentra la polifarmacia.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer profundamente a las seis estancias geriátricas por su colaboración y apoyo para la conducción del presente estudio, el cual está dedicado a todos sus residentes.

BIBLIOGRAFÍA

1) J. Jiyrkkä, J. Mursu, H. Enlund y E. Lönnroos, «Polypharmacy and nutritional status in elderly people,» Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care, vol. 15, nº 1, pp. 1-6, 2012.
2) R. Gadsby, M. Galloway, P. Barker y A. Sincclair, «Prescribed medicines for elderly frail people with diabetes resident in nursing homes: issues of polypharmacy and medication costs,» Diabetic Medicine, vol. 29, nº 1, pp. 136-139, 2011.
3) G. Ziere, J. P. Dieleman, A. Hofman, H. A. Pols, T. Van de Cammen y B. Stricker, «Polypharmacy and falls in the middle age and elderly population,» British Journal of Clinical Pharmacology, vol. 61, nº 2, pp. 218-223, 2005.
4) U. Rathnakar, A. Shenoy, S. Ullal, P. Shivaprakash, Sudhakar, R. Shastry y A. Shoeb, «Prescribing patterns of fixed dose combination in hypertension, diabetes mellitus and dyslipedimia among patients attending a cardiology clinic in a tertiary care teaching hospital in India,» International Journal of Comprehensive Pharmacy, vol. 2, nº 6, 2011.
5) R. Payne y A. Avery, «Polypharmacy: one of the greatest prescribing challenges in general practice,» British Journal of General Practice, vol. 61, nº 583, pp. 83-4, 2011.
6) J. Jyrkkä, H. Enlund, P. Lavikainen, R. Sulkava y S. Hartikainen, «Association of polypharmacy with nutritional status, functional ability and cognitive capacity over a three-year period in an elderly population,» Pharmacoepidemiology and Drug Safety, vol. 20, nº 5, pp. 514-522, 2011.
7) Y. Beloosesky, O. Nenaydenko, R. Gross Nevo, A. Adunsky y A. Weiss, «Rates, variability, and associated factors of polypharmacy in nursing home patients,» Journal of Clininical Interventions in Aging, vol. 8, pp. 1585-90, 2013.
8) Instituto Nacional de Estadística y Geografía , «Los adultos mayores en México: Perfil sociodemográfico al inicio del siglo XXI,» [En línea]. Available: http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/adultosmayo. [Último acceso: 2005].
9) V. Santana, R. Bembibre Taboada, R. García Núñez y E.

González ävalos, «Efectos sobre la salud del anciano en cuanto a alteraciones en la medicación,» Revista Cubana de Medicina General Integral, vol. 14, nº 4, pp. 316-9, 1998.
10) M. Velázquez-Portillo y R. Gómez-Guerrero, «Frecuencia y factores asociados al empleo de polifarmacia en pacientes hospitalizados en el Servicio de Urgencias,» Archivos de Medicina de Urgencia de México, vol. 3, nº 2, pp. 49-54, 2011.
11) R. López-Pisa, M. Colas-Taugis, E. Hernandez-Fabá, D. Ruiz-Jiménez, C. Padin-Minaya y R. Morell-Macaya, «Envejecer: aspectos positivos, capacidad funcional, percepción de salud y síndromes geriátricos en una población mayor de 70 años,» Enfermería Clínica, vol. 16, nº 1, pp. 27-34, 2006.
12) T. García-Zenón, J. López-Guzmán, J. Villalobos-Silva y C. D´Hyver-de-las-Deses, «Prevalencia de síndromes geriátricos en ancianos hospitalizados,» Medicina Interna de México, vol. 22, nº 5, pp. 369-374, 2006.
13) T. Linjakumpu, S. Hartikainen, T. Klaukka, J. Veijola, S. Kivelä y R. Isoahoe, «Use of medications and polypharmacy are increasing among the elderly,» Journal of Clinical Epidemiology, vol. 55, nº 8, pp. 809-817, 2002.
14) N. Cassidy, S. Lee, C. Donegan y J. Tracey, «Poisoning in older adults: the experience of the national poisons information centre,» Irish Medical Journal, vol. 101, pp. 268-270, 2008.
15) S. Haider, K. Johnell, G. Weitoft, M. Thorslund y J. Fastbom, «The influence of educational level on polypharmacy and inappropriate drug use: a register-based study of more than 600,000 older people,» Journal of the American Geriatrics Society, vol. 57, pp. 62-69, 2009.
16) Field, T.S., Gurwitz, J.H., Avorn, J., McCormick, D., Jain, S., Eckler, M. (2001). Risk factors for adverse drug events among nursing home residents. Archives of Internal Medicine. 161(13):1629-34.
17) J. Jyrkkä, H. Enlund, M. Korhonen, R. Sulkava y S. Hartikainen, «Polypharmacy status as an indicator of mortality in an elderly population,» Drugs & Aging, vol. 26, nº 12, pp. 1039-1048, 2009.
18) E. Hajjar, A. Cafiero y J. Hanlon, «Polypharmacy in elderly patients,» American Journal of Geriatric Pharmacotherapy, vol. 5, nº 4, pp. 345-351, 2007.
19) L. Dwyer, B. Han, D. Woodwell y E. Rechtsteinwe, «Polypharmacy in nursing home residents in the United States: results of the 2004 National Nursing Home Survey,» American Journal of Geriatric Pharmacotherapy, vol. 8, nº 1, pp. 63-72, 2010.
20) L. Veehof, R. Stewart, F. Haijeer-Ruskamp y B. Meyboom-de-Jong, «The development of polypharmacy. A longitudinal study,» Family Practice, vol. 17, pp. 261-267, 2000.
21) World Health Organization, «ATC/DDD Index 2014.WHO Collaborative Centre for Drugs Statistics Methodology,» 2014. [En línea]. Available: http://www.whocc.no/atc_ddd_index/.
22) World Health Organization, «International Classification of Diseases 10 (IDC-10),» 2014. [En línea]. Available: http://www.who.int/classifications/icd/en.
23) M. Mondéjar-Barrio, J. Pérez-Gilberti y S. Cepero-Franco, «Efectos nocivos de la polifarmacia en los adultos mayores,» Mediciego, p. 18, 2012.
24) G. Onder, R. Liperoti, D. Fialova, E. Topinkova, M. Tosato, P. Danese, P. Gallo, I. Carpenter, H. Finne-Soveri, R. Bernabei y F. Landi, «SHELTER Project. Polypharmacy in nursing home in Europe: results from the SHELTER study,» Journals of Gerontology Series A: Biological & Medical, vol. 67, nº 6, pp. 698-704, 2012.
25) M. Alvarado-Orozco y V. Mendoza-Núñez, «Prevalencia y factores de riesgo para polifarmacia en adultos mayores del Valle del mezquital. Hidalgo,» Revista mexicana de Ciencias Farmacéuticas, vol. 37, nº 4, pp. 12-20, 2006.
26) C. Colley y L. Lucas, «Polypharmacy,» Journal of General Internal Medicine, vol. 8, nº 5, pp. 278-283, 1993.
27) L. Bjerrum, J. Sogaard, J. Hallas y J. Kragstrup, «Polypharmacy: correlations with sex, age and drug régime. A prescription database study.,» European Journal of Clinuical Pharmacology, vol. 54, nº 3, pp. 197-202, 1998.
28) R. Cross, K. Wilson y D. Binion, «Polypharmacy and Crohn´s disease,» Alimentary Pharmacology & Therapeutics, vol. 21, nº 10, pp. 1211-1216, 2005.
29) A. Corsonello, C. Pedone, F. Corica y R. Incalzi, «Polypharmacy in elderly patients at discharge from the acute care hospital,» Journal of Therapeutics and Clinical Risk Management, vol. 3, nº 1, pp. 197-203, 2007.
30) H. Juárez-Olguín y I. Lares-Asseff, «Medicamentos más utilizados en pacientes ancianos mexicanos,» Med UIS, vol. 25, nº 2, pp. 129-136, 2012.
31) A. Bergman, J. Olsson, A. Carlsten, M. Waern y J. Fastbom, «Evaluation of the quality of drug therapy among elderly patients in nursing homes. A computarized pharmacy register analysis,» Scandinavian Journal of Primary Health Care, vol. 25, nº 1, pp. 9-14, 2007.
32) F. Pagán y F. Tejeda, «Prescripción en cascada y desprescripción,» Revista Clínica de Medicina de Familia, vol. 5, nº 2, pp. 111-119, 2012.
33) M. Peralta, I. Valdivia, M. Hernández, G. Medina, M. Cordero, J. Baca, A. Cruz, I. Aguilar y A. Ávalos, «Guía de práctica clínica Prescripción farmacológica,» Revista del Instituto Mexicano del Seguro Social, vol. 51, nº 2, pp. 228-239, 2013.
34) J. Nguyen, M. Fouts, S. Kotabe y E. Lo, «Polypharmacy as a risk factor for adverse drug in geriatric nursisng home residents,» The American Journal of Geriatric Pharmacotherapy, vol. 4, nº 1, pp. 36-41, 2006.
35) P. Villagómez-Ornelas, «El envejecimiento demográfico en México: niveles, tendencias y reflexiones en torno a la población de adultos mayores,» [En línea]. Available: http://geriatría.salud.gob.mx/descargas/28.pdf.



INVESTIGACIÓN

AUTOCUIDADO Y FACTORES CONDICIONANTES PRESENTES EN LAS PERSONAS CON DIABETES TIPO 2 DE UNA COLONIA DE HERMOSILLO, SONORA

* ANA LORENA ROBLES GONZÁLEZ, JUAN ALBERTO LÓPEZ GONZÁLEZ, KARLA PAOLA MORALES CONTRERAS, FRANCISCA LILIANA PALOMINO SALAZAR, YESSICA DENISSE FIGUEROA BETANCOURT

RESUMEN

El autocuidado es la práctica de actividades que realiza el individuo para cuidar su salud y que son, aprendidas por la persona en su contexto sociocultural. Estas actividades se inician de manera voluntaria a fin de mantener la vida y el bienestar. El propósito de este estudio fue determinar el autocuidado presente en las personas con diabetes tipo 2 de la Colonia El Sahuaro. Estudio no experimental de tipo correlacional, descriptivo, muestreo no probabilístico de 115 personas con predominio de género femenino, así como de personas adultas mayores y amas de casa. En cuanto a la escolaridad más del 70% cuenta con educación básica e ingresos menores a los 8 salarios mínimos al mes; además el 80% tiene seguridad social. Las personas con más años con el padecimiento son las que presentan autocuidado, por lo que el tiempo de padecimiento se vuelve un factor condicionante para llevar a cabo el autocuidado. Por su parte, las personas que presentan déficit de autocuidado son aquellas que tienen complicaciones en más del 50%. Estos resultados coinciden con la teórica Dorothea Orem quien afirma que el autocuidado se va aprendiendo de acuerdo a la situación de salud que se está viviendo y a la etapa de desarrollo de la persona, los cuales son algunos factores condicionantes para que se presente el autocuidado.

Palabras clave: Diabetes mellitus, autocuidado, déficit de autocuidado, factores condicionantes.

ABSTRACT

Self-care is the practice of activities of the individual to stay healthy and which are learned by the person in their sociocultural context. These activities are initiated voluntarily to maintain the life and well manner. The purpose of this study was to determine the present self in people with type 2 diabetes in Colonia El Sahuaro. No experimental correlational study, descriptive, non-probability sampling of 115 people predominance of female gender, as well as senior citizens and housewives. As for schooling over 70% have primary education and lower incomes than 8 minimum wages per month; also 80% have social security. People with more years with the disease are those with self-care, so time condition becomes a determining factor to perform self-care. Meanwhile, people who have self-care deficit are those who have complications by more than 50%. These results agree with the theoretical Dorothea Orem who claims that self-care is learned according to the health situation that is already living the stage of development of the individual, which are some determining factors for the self-care arises.

Keywords: *Diabetes mellitus, self-care, self-care deficit, conditioning factors.*

EST. ANA LORENA ROBLES GONZÁLEZ
Correo: lorenarobles93@hotmail.com
M.G.S. JUAN ALBERTO LÓPEZ GONZÁLEZ
Hospital Dr. Ignacio Chávez, ISSSTESON
MHS. Departamento de Enfermería, UNISON
Correo: juan.lopez@enfermeria.uson.mx

EST. KARLA PAOLA MORALES CONTRERAS
Correo: Karla_paolamc@hotmail.com
EST. FRANCISCA LILIANA PALOMINO SALAZAR
Correo:12pancha@gmail.com
EST. YESSICA DENISSE FIGUEROA BETANCOURT
Correo: yessica_564@hotmail.com
Departamento de Enfermería,
Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: Ana Lorena Robles González
Correo electrónico: lorenarobles93@hotmail.com
Recibido: 05 de septiembre de 2014
Aceptado: 16 de diciembre de 2014
ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

El proceso de globalización ha tenido como resultado la modificación de los estilos de vida de la población, lo cual conlleva a modificaciones en los patrones epidemiológicos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 60% de la mortalidad a nivel mundial es atribuible a enfermedades crónicas degenerativas [1, 2], entre las que se encuentra la diabetes mellitus, considerada en la actualidad como una pandemia. La diabetes mellitus es una enfermedad caracterizada por una deficiencia en la secreción o en la acción de la insulina, que consiste en aumentar la captación de glucosa en los músculos y el tejido adiposo [3]. Existen factores como la obesidad, mala alimentación, la inactividad física, la edad avanzada, antecedentes familiares de diabetes, etnia, altos niveles de glucemia durante el embarazo, que contribuyen a la aparición de esta enfermedad [4].

En México, se ha observado una tendencia hacía el incremento en la tasa de morbilidad de 342.1 a 358.2 casos por cada 100 mil habitantes, específicamente en el año 2012 se reportaron 418,797, representando el 0.4% de la población mexicana [5]. En el estado de Sonora se reporta la diabetes mellitus como la décima causa de morbilidad, teniendo un total de 10,043 personas diagnosticadas, representando el 8.3% de la población que padece esta enfermedad, con mayor incidencia en el grupo de edad de 60-64 años (1414 casos) [6].



Hay una gran cantidad de evidencia de que los cambios de estilo de vida y el mantener un régimen de autocuidado, cómo un buen manejo y control glicémico, de lípidos y un mantenimiento del peso corporal en personas con diabetes mellitus, contribuyen a que se retrase la aparición de las complicaciones tanto micro vasculares como macro vasculares [7, 8]. La Organización Panamericana de la Salud (OPS) menciona que el autocuidado es un factor crítico para la consecución y el mantenimiento de la salud así como para el bienestar en las personas; por lo que recomienda la educación para el autocuidado entre la sociedad, esto con la finalidad de prevenir y tratar enfermedades crónicas [9].

De acuerdo con Dorothea Orem (1980), la teoría de déficit de autocuidado, describe y explica como la enfermería puede ayudar a la gente para mantener o restablecer su salud; conceptualiza el autocuidado como aquella práctica de actividades que hace el individuo para mejorar su estado de salud, y son aprendidas por la persona en su contexto sociocultural que inicia de manera voluntaria a fin de mantener la vida, la salud y el bienestar [10]. Estas actividades dependerán de la etapa de desarrollo y de las condiciones de salud de la persona; también conceptualiza el déficit de autocuidado como la necesidad terapéutica por parte de la persona para llevar acabo las actividades para su bienestar. Asimismo, menciona los sistemas de ayuda donde el profesional puede apoyar para cubrir las necesidades terapéuticas.

Orem menciona que hay factores condicionantes que intervienen en las capacidades de cada persona para realizar su autocuidado, como son: edad, género, estado de desarrollo, estado de salud, estilo de vida, factores del sistema sanitario, factores socioculturales, factores del sistema familiar, disponibilidad de recursos y factores externos del entorno [8, 10, 11].

Estudios como el de Leksell, Sandberg y Wikblad, sobre la percepción subjetiva de salud y el autocuidado, encontraron que las personas que están en peligro de perder la vista, muestran una mejor percepción en comparación con los que ya perdieron la vista, con relación al autocuidado no se encontró diferencia significativa entre ambos grupos [11, 12].

Otro estudio sobre el autocuidado realizado por Jordan y Jordan, sobre las conductas de autocuidado de los adultos Filipinos-Americanos con Diabetes Mellitus tipo 2, encontró que las personas con edad avanzada y diagnóstico más antiguo de diabetes tipo 2 eran más propensos a seguir el consumo de medicamentos indicados, que aquellas personas con diagnósticos tempranos de la enfermedad, también éstos son más propensos a llevar a cabo la actividad de chequeo de la glucosa capilar, en



relación con las actividades de alimentación se encontró que las personas con mayor nivel educativo son las que presentan más autocuidado [12].

El estudio llevado acabo por Gatt y Sammut, buscó conocer los factores predictivos de las conductas de autocuidado de las personas con diabetes tipo 2, encontraron que la mayoría de las personas que participaron tenía más de 9 años con el diagnóstico del problema de salud, contaban con una educación de nivel de primaria y eran jubilados. Con relación a las actitudes se encontró que las más positivas estaban relacionadas con el cuidado del pie y las menos positivas se relacionaban con la toma de medicamentos [13].

Otro estudio es el llevado a cabo por Ortiz, Valle, Pérez, González, González y González, en el cual describieron la relación de la escasa actividad física con la obesidad y una insuficiente educación sobre la diabetes. Por lo tanto, encontraron que hay una alta prevalencia en obesidad en las personas que participaron en el estudio y se sugiere que la comprensión de los contenidos sobre la diabetes puedan ser considerados como una capacidad estimativa para llevar el autocuidado en las personas que padecen este tipo de enfermedad crónica [14].

El estudio llevado a cabo por Rodríguez y Whetsell, con el objetivo de determinar la correlación de las fortalezas para la salud y la ansiedad en las personas con enfermedad crónico degenerativa, encontraron que los pacientes con enfermedades crónico degenerativas, a mayor nivel de fortaleza para la salud, menor era la ansiedad presentada, y esta relación no se ve afectada por la edad, el género o los años de evolución del padecimiento [2].

Las personas con Diabetes Mellitus presentan una condición crónica de salud, que exige cuidados permanentes para mantener la calidad de vida, que le permita desarrollar estrategias de afrontamiento a lo largo de su padecimiento, para poder adaptarse y mantener un bienestar óptimo durante la evolución de su enfermedad [15]. Para ello se tiene que capacitar y empoderar para que puedan adquirir los conocimientos y habilidades necesaria que contribuyan a generar actividades para mejorar su salud [16].

El profesional de enfermería encargado del cuidado de las personas con diabetes mellitus, debe identificar los factores condicionantes que inciden en la capacidad de autocuidado para poder conocer el tipo de acción de ayuda que debe brindar a estas personas y proporcionar un cuidado holístico que garantice su calidad de vida.

Por nuestra parte, queremos recordar que este estudio tiene el objetivo de determinar el autocuidado presente en las personas con diabetes tipo 2 de la Colonia El Sahuaro de la ciudad de Hermosillo, Sonora; así como conocer cuáles son los factores condicionantes que contribuyen para implementar el autocuidado y el déficit de autocuidado.

MÉTODO

Se realizó un estudio de tipo no experimental con diseño correlacional, descriptivo (no causal), en el cual se describieron y se estudiaron la relación de las variables del grupo de personas con diabetes tipo 2, autocuidado, déficit de autocuidado y factores determinantes. La población diana son personas con diabetes tipo 2 de la Colonia El Sahuaro, el muestreo fue de tipo no probabilístico por conveniencia con un total de 115 participantes que aceptaron participar en el estudio.

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron dos instrumentos de medición: el primero se construyó para los datos sociodemográficos y el segundo consistió en la aplicación de la escala de evaluación del autocuidado



diseñado por Lee y Fisher [17], que consiste en 27 ítems de tipo Likert con 6 categorías de calificación, las cuales son: Nunca (N), Casi nunca (CN), Rara vez (RV), A veces (AV), Casi siempre (CS) y Siempre (S). Los ítems evalúan la frecuencia de las actividades llevadas a cabo por las personas; mientras que la confiabilidad del instrumento de acuerdo con las autoras es satisfactoria de 0.9.

El procedimiento para la recolección de la muestra fue la siguiente: se realizó una visita domiciliaria casa por casa, en la Colonia El Sahuaro en la que se solicitaba a la persona que atendía al llamado de la puerta, si en el hogar se encontraba alguna persona con diagnóstico de diabetes, si la respuesta era afirmativa, se solicitaba su consentimiento previa explicación de en qué consistía el estudio, además de cuáles eran los beneficios obtenidos, al igual se le aclaraba que en cualquier momento podía el abandonar el estudio, posterior a esto se le aplicaba la encuesta por medio de entrevista y se le realizaba glicemia capilar.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS versión 20.0 para Windows; de acuerdo a las variables de interés diremos que son de tipo discretas y continuas, por lo cual se utilizó estadística descriptiva (mínimo, máximos, medias, modas y desviación estándar). Además, para la parte inferencial se realizaron las correlaciones bivariadas, también se determinó la consistencia de los instrumentos a través de la Alpha de Cronbach de 0.77, el cual se considera aceptable; por último, se efectuó la prueba de Kolmogorov Smirnov de los datos obtenidos del estudio, obteniéndose que los datos siguen una distribución normal.

Al realizar el estudio se consideraron los aspectos éticos señalados en el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación, donde se incluye el anonimato de las personas y confidencialidad de la información proporcionada por estos mismos, derecho a la información con respecto al estudio y a retirarse en el momento que lo deseen. En ese sentido, a las personas que participaron se les explicó el objetivo del estudio y cuál sería su participación.

RESULTADOS

Con respecto a los datos sociodemográficos de las personas con diabetes tipo 2 de la Colonia El Sahuaro, podemos decir que de las 115 personas que participaron, como se observa en la tabla 1 el predominio de género femenino, así como las personas adultas mayores y amas de casa. En cuanto a la escolaridad, más del 70% cuenta con una educación básica y con ingresos menores a los 8 salarios mínimos al mes y más del 80% tiene seguridad social (IMSS, ISSSTE, ISSSTESON).

Tabla 1. Distribución porcentual de datos sociodemográficos de personas con diabetes mellitus tipo 2 de la Colonia El Sahuaro.

Variables	f	%
Género		
Masculino	36	31.3
Femenino	79	68.7
Edad ($\overline{X}$= 61.19, DE= 12.80, Mo= 63, Min= 25)		
Adulto de mediana edad	49	42.6
Adulto mayor	66	57.4
Ocupación		
Ama de casa	49	42.6
Personas pensionadas	26	22.6
Personas jubiladas	9	7.8
Empleado	24	20.9
Otros	7	6.1
Escolaridad		
Primaria	41	35.7
Secundaria	31	27.0
Técnica	15	13.0
Preparatoria	15	13.0
Licenciatura	8	7.0
Maestría	2	1.7
Otros	3	2.6
Ingreso Económico semanal		
1 a 4 salarios mínimos	51	44.3
5 a 8 salarios mínimos	32	27.8
más de 9 salarios	24	20.9
Dependiente	8	7.0
Servicio médico		
SSA	15	13.0
ISSSTE	11	9.6
ISSSTESON	15	13.0
IMSS	70	60.9
Otros	4	3.5

Fuente: EDAPD2 n=115

La tabla 2 nos muestra que más del 80 % presenta problemas de obesidad, alrededor del 45% tiene más de 10 años de padecer la diabetes tipo 2. El tratamiento que llevan para su control más de la mitad es vía oral y un 5% no lleva acabo ningún tratamiento; más de la mitad de estas personas cuentan con una complicación por la enfermedad.



Tabla 2. Distribución porcentual sobre el padecimiento de las personas con diabetes tipo 2, de la colonia el Sahuaro.

Variables	f	%
Índice de masa corporal (IMC) ($\overline{X}$= 30.25, DE=5.37, Max= 50.78, Min= 20.58)		
Intervalo normal	16	13.9
Sobrepeso	1	0.9
Pre obesidad	44	38.3
Obesidad I	33	28.7
Obesidad II	16	13.9
Obesidad III	5	4.3
Años de padecimiento de enfermedad ($\overline{X}$= 13.32, DE= 11.88)		
Menos de cinco años	39	33.9
Entre 6 y 10 años	24	20.9
Entre 11 y 15 años	15	13.0
Entre 16 y 20 años	15	13.0
Más de 21 años	22	19.1
Tratamiento para controlar la enfermedad		
Tratamiento oral	69	60.0
Tratamiento con insulina	20	17.4
Tratamiento con insulina y oral	15	13.0
Tratamiento a base de dieta y ejercicio	2	1.7
Tratamiento a base de dieta	2	1.7
Ningún tratamiento	6	5.2
Tratamiento oral y herbolaria	1	0.9
Complicaciones presentes en las personas		
Pérdida de la vista	24	20.9
Pie diabético	4	3.5
Amputación de algún miembro	2	1.7
Insuficiencia renal	1	0.9
Neuropatía diabética	4	3.5
Hipertensión arterial	16	13.9
Infartos al corazón	2	1.7
Ninguna	49	42.6
Otros	2	1.7
Problemas Cardiacos	1	0.9
Mas de tres complicaciones	10	8.7

Fuente: EDAPD2 n=115

En la tabla 3 se muestra que más del 50% lleva acabo el chequeo semanal de la glicemia capilar pero de estas en una minoría (2.6 %) lo lleva de manera adecuada. El resultado que se obtuvo al momento de la encuesta muestra que más del 50% presenta una glicemia aceptable, más de un 80% de las personas presenta un déficit de autocuidado.

Tabla 3. Distribución porcentual sobre el control de la diabetes tipo 2 en personas de la Colonia El Sahuaro.

Variables	f	%
Chequeo de la glicemia semanal		
1 a 3 veces	57	49.6
4 a 6 veces	2	81.7
7 a 9 veces	4	3.5
10 a 12 veces	2	1.7
13 a 15 veces	3	2.6
Nunca	47	40.9
Resultado de glicemia en el día de le encuesta ($\overline{X}$= 171.54, DE=78.02, Max= 595, Min= 85)		
Aceptable	73	63.5
Hiperglicemia	41	35.7
No se realiza glicemia	1	0.9
Capacidad de Autocuidado		
Déficit de autocuidado	95	82.6
Autocuidado	20	17.4

Fuente: EDAPD2 n=115

La tabla 4 nos muestra que en el caso de las personas del género femenino, más del 50% presenta un déficit de autocuidado, menos de la mitad son adultos mayores y más del 30 % son amas de casa, de educación básica (primaria) además más del 40% tiene servicio médico del IMSS. Por su parte, las personas del género masculino representan más del 27%. En relación con el autocuidado, las personas de género masculino presentan mayor autocuidado con un 13%, educación básica de secundaria y con el mismo servicio médico que del género femenino que presenta un 4% de autocuidado.

Tabla 4. Distribución porcentual entre el Autocuidado y déficit de Autocuidado en relación con datos sociodemográficos de las personas con diabetes tipo 2 de la Colonia El Sahuaro.

	Déficit de autocuidado		Autocuidado	
	f	%	f	%
Género				
Masculino	31	27.0	15	13.0
Femenino	64	55.7	5	4.3
Edad				
Adulto de mediana edad	40	34.8	9	7.9
Adulto mayor	55	47.8	11	9.6
Ocupación				
Ama de casa	41	35.7	8	7.0
Personas pensionadas	21	18.3	5	4.3
Personas jubiladas	6	5.2	3	2.6
Empleado	21	18.3	3	2.6
Otros	6	5.2	1	0.9
Ingreso económico semanal				
1 a 4 salarios mínimos	44	28.3	7	6.1
5 a 8 salarios mínimos	27	23.5	5	4.3
Más de 9 salarios	17	14.8	7	6.1
Dependiente	7	6.2	1	0.9
Escolaridad				
Primaria	35	30.4	6	5.2
Secundaria	23	20.0	8	7.0
Técnica	14	12.2	1	0.9
Preparatoria	12	10.4	3	2.6
Licenciatura	8	7.0	-	-
Maestría	0	0.9	1	0.9
Otros	2	1.7	1	0.9
Servicio médico				
SSA	14	12.2	1	0.9
ISSSTE	8	7.0	3	2.6
ISSSTESON	13	11.3	2	1.7
IMSS	56	48.7	14	12.2
Otros	4	3.5	-	-

Fuente: EDAPD2 n=115

En la tabla 5 se observa que las personas con más años con el padecimiento son las que presentan autocuidado y tienen tratamiento de insulina o tratamiento oral para su manejo, pero también son las personas que presentan complicaciones por la enfermedad. En cambio, las personas que presentan déficit de autocuidado son aquellas que tienen complicaciones en más del 50% y solo se tratan con medicamentos orales y 30 % de estas personas tienen menos de 10 años diagnosticadas con la enfermedad.

Tabla 5. Distribución porcentual entre el Autocuidado y déficit de Autocuidado en relación con el padecimiento de las personas con diabetes tipo 2 de la Colonia El Sahuaro.

	Déficit de autocuidado		Autocuidado	
	f	%	f	%
Años de padecimiento de enfermedad				
Menos de cinco años	35	30.4	4	3.5
Entre 6 y 10 años	19	16.5	5	4.3
Entre 11 y 20 años	15	13.0	-	-
Entre 16 y 10 años	13	11.3	2	1.7
Más de 21 años	13	11.3	9	7.8
Tratamiento para controlar la enfermedad				
Tratamiento oral	61	53.0	8	7.0
Tratamiento con insulina	11	9.6	9	7.8
Tratamiento con insulina y oral	13	11.3	2	1.7
Tratamiento a base de dieta y ejercicio	2	1.7	-	-
Tratamiento a base de dieta	1	0.9	1	0.9
Ningún tratamiento	6	5.2	-	-
Tratamiento oral y herbolaria	1	0.9	-	-
Complicaciones presentes en las personas				
Pérdida de la vista	18	15.7	6	5.2
Pie diabético	3	2.6	1	0.9
Amputación de algún miembro	2	1.7	-	-
Insuficiencia renal	1	0.9	-	-
Neuropatías diabética	3	2.6	1	0.9
Hipertensión arterial	15	13.0	1	0.9
Infartos al corazón	1	0.9	1	0.9
Ninguna	41	35.7	8	7.0
Otras	2	1.7	-	-
Problemas cardíacos	1	0.9	-	-
Más de tres complicaciones	8	7.0	2	1.7

Fuente: EDAPD2 n=115

En la tabla 6 se muestran los resultados de la prueba de normalidad de datos, test de Kolmogorov-Smirnov, en la cual se observa una distribución normal, por lo que se utilizó estadística paramétrica.

Tabla 6. Prueba de normalidad test de Kolmogorov-Smirnov.

Variable	$\bar{X}$	DE	Z	Valor de p
Edad	61.19	12.80	.876	.427
IMC	30.25	5.37	1.032	.237
Cantidad de glucosa capilar en el día	171.54	78.02	1.723	.005
Años con el padecimiento de diabetes	13.32	11.88	1.693	.006
Autocuidado	97.44	21.06	.540	.933

Fuente: EDAPD2 n=115

La tabla 7 se observó el resultado de la prueba de t de Student, donde nos muestra que el factor condicionante en el autocuidado de las personas con diabetes tipo 2 de la Colonia El Sahuaro, se muestra diferencia significativa en el factor condicionante del tiempo de padecer la enfermedad; lo que nos permite comprobar que el autocuidado está determinado por el tiempo en que la persona cuenta con el padecimiento.

Tabla 7. Resultados de t de Student entre los factores condicionantes y el Autocuidado y déficit de autocuidado en personas con diabetes mellitus tipo 2 de la Colonia El Sahuaro.

Variables	N	Media	DE	t	p	f	Sig.
Género							
Déficit de autocuidado	95	1.33	.471	.664	.508	2.258	.136
autocuidado	20	1.25	.444	.691	.495		
Edad							
Déficit de autocuidado	95	2.58	.496	.621	.536	4.770	.031
autocuidado	20	2.50	.607	.545	.591		
Ocupación							
Déficit de autocuidado	95	2.26	1.378	.188	.851	.822	.366
autocuidado	20	2.20	1.281	.198	.845		
Ingreso semamal							
Déficit de autocuidado	95	1.86	.963	-.999	.320	.025	.874
autocuidado	20	2.10	.968	-.995	.328		
Escolaridad							
Déficit de autocuidado	95	2.43	1.520	-.179	.858	.028	.867
autocuidado	20	2.50	1.701	-.166	.869		
Cuenta con servicio médico							
Déficit de autocuidado	95	3.29	1.166	-.558	.578	1.847	.177
autocuidado	20	3.45	.945	-.640	.527		
Años con el padeciemiento							
Déficit de autocuidado	95	2.47	1.450	-2.375	.019	4.529	.035
autocuidado	20	3.35	1.725	-2.119	.044		
Tratamiento para la enfermedad							
Déficit de autocuidado	95	1.87	1.496	.068	.946	3.640	.059
autocuidado	20	1.85	.968	.088	.930		
Complicaciones de la enfermedad							
Déficit de autocuidado	95	6.93	3.535	.813	.418	2.532	.114
autocuidado	20	6.20	4.073	.741	.466		

Fuente: EDAPD2 n=115





DISCUSIÓN

Se han realizado diversos estudios tanto a nivel nacional como internacional en relación con el autocuidado en personas con diabetes mellitus, y se ha llegado a la conclusión que la principal forma de enfrentarla es con la educación de las personas que lo padecen para adquirir nuevos estilos de vida, esto incluye el apego al tratamiento farmacológico, incremento de la actividad física y sobre todo el consumir dietas equilibradas.

En la actualidad existen recomendaciones para el desarrollo de las habilidades del autocuidado de la persona con diabetes, las cuales si se llevan de manera correcta contribuyen al retraso de complicaciones por la enfermedad. Al estudiarlo, encontramos que la mayoría de las personas de la muestra cuentan con problemas de obesidad y la mayoría tiene más de 10 años de padecerla. Son personas que cuentan con un tratamiento a base de medicamentos orales y la mayoría ya cuenta con una complicación, además, la mitad lleva un chequeo de su glicemia capilar, pero solo una minoría lo hace de manera adecuada.

Las personas del género masculino en su mayoría son las que llevan prácticas de autocuidado. Son adultos mayores con formación educativa básica y cuentan con servicio médico, tienen mayor tiempo con la enfermedad, así mismo son las que presentan más de una complicación de la enfermedad. Con estos resultados coincidimos con los encontrados por Jordán y Jordán, así como Gatt y Sammut que a mayor tiempo de padecer la enfermedad presentaban mejor apego al tratamiento y actividades para mejorar el estado de salud actual. [18, 19]. Al igual con Ortiz y colaboradores, los cuales encontraron una alta prevalencia en obesidad y sugieren que la comprensión de los contenidos sobre la diabetes pueden ser considerado como una capacidad estimativa para llevar el autocuidado [14].

Baquedano, Santos, Martins y Zanetti [15], entre sus hallazgos mencionan que las personas adultas mayores son las que presentan mayor capacidad de autocuidado; por lo que se difiere con este estudio ya que se encontró que las personas que cuentan con mayor antigüedad con el diagnóstico son las que menos se cuidan, sin ser necesariamente adultos mayores.

CONCLUSIÓN

Con los resultados obtenidos se concluye que uno de los factores condicionantes para llevar a cabo el autocuidado es el tiempo de padecer la enfermedad, con lo que se coincide con la teórica Dorothea Orem, autora de la teoría, que el autocuidado se va aprendiendo de acuerdo a la situación de salud que se está viviendo y a la etapa de desarrollo, los cuales son algunos factores condicionantes para que se presente el autocuidado.

En este rubro, el profesional de enfermería al identificar

el factor condicionante del autocuidado y déficit de autocuidado, está en condiciones de diseñar una mejor atención enfocando sus intervenciones a la educación como factor importante para el mantenimiento y el restablecimiento de la salud de estas personas.

BIBLIOGRAFÍA

1) OMS, «Informe sobre la salud en el Mundo 2008: La atención primaria de salud, más necesaria que nunca,» Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 2008.
2) M. d. R. Zavala Rodríguez y M. V. Whetsell, «La fortaleza de los pacientes con enfermedad crónica,» Aquichan, vol. 7, nº 2, pp. 174-188, 2007.
3) S. C. Azzollini, V. Bail Pupko, and V. A. Vidal, «Diabetes: importancia de la familia y el trabajo en la adhesión al tratamiento; Diabetes: the importance of family and work for the compliance with treatment,» Anu. investig.-Fac. Psicol., Univ. B. Aires, vol. 18, pp. 323-330, 2011.
4) F. Aguiree, A. Brown, N. H. Cho, G. Dahlquist, S. Dodd, T. Dunning, M. Hirst, C. Hwang, D. Magliano, and C. Patterson, «IDF Diabetes Atlas,» 2013.
5) (2012, mayo 23). Encuesta Nacional de Salud y Nutricion. Available: http://ensanut.insp.mx/doctos/analiticos/DiabetesMellitus.pdf
6) (2012, mayo 23). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición en Sonora. Available: http://ensanut.insp.mx/informes/Sonora-OCT.pdf
7) M. G. G. Martínez, L. R. Herrera, and N. P. Raygoza, «Efecto de los factores socioculturales en la capacidad de autocuidado del paciente hospitalizado con diabetes tipo 2,» Aquichan, vol. 14, 2014.
8) D. R. Whiting, L. Guariguata, C. Weil, and J. Shaw, «IDF diabetes atlas: global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030,» Diabetes research and clinical practice, vol. 94, pp. 311-321, 2011.

[9] A. Latina, «Fortalecimiento del autocuidado como estrategia de la Atención Primaria en Salud: La contribución,» 2006.
10) M. Raile-Alligood and A. Marriner-Tomey, Modelos y Teorías en Enfermería. Madrid, España: El Selvier, 2011.
11) J. Leksell, «Diabetes-Related Blindness: Studies of Self-Management, Power, Empowerment and Health,» 2006.
12) D. N. Jordan and J. L. Jordan, «Conductas de autocuidado de adultor Filipinos-Americanos con Diabetes Mellitus tipo 2,» Diario de la Diabetes y sus Complicaciones, vol. 24, pp. 250-258, Julio-Agosto 2010.
13)S. Gatt and R. Sammut, «Un estudio exploratorio de factores predictivos de la conducta de autocuidado en personas con diabetes tipo 2,» Revista Internacional de Estudios de Enfermería, vol. 45, pp. 1525-1533, Octubre 2008.
14) L. G. C. Ortiz, L. M. Q. Valle, B. D. A. Pérez, E. R. González, B. C. S. González, and J. G. G. González, «Educación, actividad física y obesidad en adultos con diabetes tipo 2 desde la perspectiva del autocuidado de Orem,»Aquichan, vol. 13, 2013.
15) I. R. Baquedano, M. Santos, T. A. Martins, and M. L. Zanetti, «Autocuidado de personas con Diabetes Mellitus atendidas en un servicio de urgencia en México,» Rev. Latino-Am. Enfermagem [Internet] nov-dez, vol. 18, p. 9, 2010.
16) A. F. Vázquez, T. A. A. Cervantes, E. P. A. Solís, G. Leonor, T. Franco, E. L. Valencia, S. C. Centeno, R. D. Mendoza, and A. G. P. Avilés, «Estrategias de autocuidado en pacientes con diabetes mellitus tipo 2,» Rev Esp Méd Quir Volumen, vol. 17, p. 94, 2012.
17) N. Lee and W. Fisher Jr, «Evaluation of the Diabetes Self-Care Scale,» Journal of applied measurement, vol. 6, pp. 366-381, 2004.
18) D. N. Jordan and J. L. Jordan, «Self-care behaviors of Filipino-American adults with type 2 diabetes mellitus,» Journal of Diabetes and its Complications, vol. 24, pp. 250-258, 2010.
19) S. Gatt and R. Sammut, «An exploratory study of predictors of self-care behaviour in persons with type 2 diabetes,» International journal of nursing studies, vol. 45, pp. 1525-1533, 2008.





UNA MIRADA A LOS DAÑOS A LA SALUD: LAS LESIONES Y EL GÉNERO EN LA COSTA DE HERMOSILLO

* JOSÉ EDUARDO CALVARIO PARRA

RESUMEN

Se realiza una descripción estadística (apoyada con información cualitativa) de los principales motivos de consulta en sala de urgencia del Centro de Salud del Poblado Miguel Alemán, Costa de Hermosillo. El propósito es mostrar el comportamiento de los tipos de lesiones durante dos periodos de tiempo. Se revisaron y sistematizaron bases de datos proporcionada por la Secretaria de Salud del estado de Sonora. Desde una mirada teórica del género, se constató que quienes más fueron atendidos por lesiones, especialmente accidentes (mordedura de perro, quemadura de serpiente y quemadura) fueron los varones. En términos de hipótesis de trabajo, se considera que la cultura masculina que privilegia el descuido y la temeridad es una variable que estaría contribuyendo para tales desenlaces.

Palabras-clave: Género, lesiones, Costa de Hermosillo, cultura y comportamiento masculino.

ABSTRACT

A statistical description (supported by qualitative information) of the main reasons for visits to the emergency room at Centro de Salud of Poblado Miguel Aleman, Costa de Hermosillo is performed. The purpose is to show the behavior of the types of injuries for two periods. Database provided by the Ministry of Health of the State of Sonora is reviewed. From a theoretical view of the gender, it is found that those who were treated for injuries, especially accidents (dog bite, snake burn and burn) were males. In terms of a working hypothesis, it is believed that the male culture that privileges neglect and recklessness is a variable that would contribute to such outcomes.

Keywords: *Gender, injuries, Costa de Hermosillo, culture and male behavior.*

DR. JOSÉ EDUARDO CALVARIO PARRA
Departamento de Sociología y Administración Pública, Universidad de Sonora
El Colegio de Sonora
Correo: ecalvario@sociales.uson.mx

*Autor para correspondencia: José Eduardo Calvario Parra
Correo electrónico: ecalvario@sociales.uson.mx

Recibido: 10 de septiembre de 2014
Aceptado: 24 de noviembre de 2014
ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

Este artículo se deriva de varios esfuerzos de investigación de campo y gabinete los cuales culminaron en la elaboración de la tesis de doctorado: "Género y masculinidad. Juegos de poder y configuración del peligro en el poblado Miguel Alemán, Sonora". Se perseguía entrever de qué manera las prácticas y discursos de los varones se instalaban en lo que se ha llamado una cultura masculina dominante la cuál pregona la sobreconfianza que los varones le suelen atribuir al entorno [1], la valentía figura como valor social rector.

En el presente trabajo se brinda un panorama estadístico de las principales lesiones que sufren varones y mujeres de la Costa de Hermosillo, Sonora. Para el caso de tipos de lesión en consulta externa los periodos fueron de 2001 a 2003, y 2005 a 2009; respecto a los motivos de consulta en urgencia se revisaron los años de 2005, 2008 y 2009. La necesidad de la selección de los años obedeció únicamente a los tiempos en que se realizó la investigación. Para intentar acercarse a la percepción del personal médico del Centro de Salud (CS) de la localidad respecto a los tipos de lesiones, este trabajo también incluye algunos testimonios.

Se pone atención en el caso de los varones pues son éstos, según fuentes epidemiológicas oficiales, los que más experimentan lesiones y accidentes. Como Denman, Castro y Aranda lo documentaron para 2003, los accidentes y agresiones fueron dos de los principales motivos de muerte en varones de 15-34 años de edad en Sonora [2].

Este trabajo representa un ejercicio descriptivo sin más pretensión que documentar las diferencias respecto a daños a la salud entre varones y mujeres usuarios/as del Centro de Salud del PMA, y con ello discutir algunos hallazgos.

El presente artículo está organizado de la siguiente manera. En primer lugar se establecen la ruta investigativa en términos de objetivos, conceptos y el método empleado; enseguida se presenta un breve contexto de la región de La Costa de Hermosillo con la intención de ubicar al lector/a en los referentes socioeconómicos básicos; en tercer momento, se establecen los resultados más importantes de la investigación sobre las lesiones y accidentes en los pobladores de la región en referencia; en un cuarto apartado, se exponen algunos ejes de interpretación y discusión; finalmente, se brindan conclusiones preliminares.

LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de carácter descriptiva-analítico con la intención de explorar la situación de los daños a la salud en los residentes de la Costa de Hermosillo, principalmente en la más importante localidad de la región, el Poblado Miguel Alemán (PMA). La mirada se centró en las lesiones y accidentes dado que se quería estudiar las diferencias por sexo respecto a los motivos de consulta que tuvieran relacionadas con prácticas de prevención y cuidado. Debido a que se partía de la hipótesis de trabajo la cual señalaba que eran los varones quienes más se lesionaban y sufrían accidentes por motivo de descuido (propio a su condición genérica), se intentó dimensionar en términos cuantitativos el nivel de diferencia entre varones y mujeres.



El principal eje conceptual que ayudó a la interpretación de los datos fue el género. Gracias al impulso que se le dio al estudio de la condición femenina a lo largo de la historia de distintos grupos humanos, se contribuyó a definir al género como un conjunto de ideas, normas y prácticas sociales que promueven determinadas formas de entender lo que distingue a un hombre de una mujer [3]. De esta manera los datos son leídos desde un lente analítico, el cual refiere una forma particular en que se realizan diferenciaciones sociales en varones y mujeres, las cuales dan por resultados daños a la salud también de manera distinta [4]. En Sonora no es la excepción y el panorama combina la condición de la edad y los daños [2].

El plan metodológico fue el siguiente: recopilación de datos, selección de indicadores, sistematización y ordenación de bases de datos. Las fuentes primarias consultadas fueron las oficiales, en especial de la Secretaria de Salud del Gobierno del estado de Sonora; se solicitaron los concentrados de motivos consulta externa general y de urgencia. Para los tipos de lesión se revisó y sistematizó la información correspondiente a los años 2001 al 2003 en consulta general; en cuanto a las frecuencias totales de lesiones y accidentes, el análisis incluyó los años de 2005 al 2009; en el caso de las causas de consulta en sala de urgencia se puso atención en los periodos de 2005, 2008 y 2009. De manera secundaria se recurrió a entrevistas semiestructuradas en médicos de los dos servicios públicos de salud existentes en la región: Centro de Salud y Hospital regional del IMSS. Se empleó estadística descriptiva para los datos cuantitativos y análisis de contenido para los cualitativos.

CONTEXTO SOCIOECONÓMICO

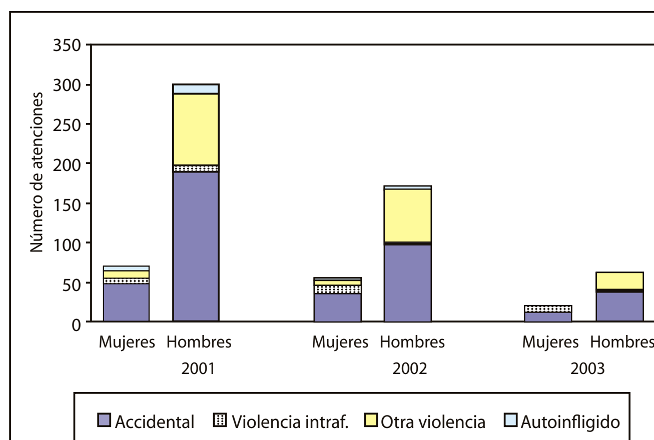
La parte noroccidente del municipio de Hermosillo, Sonora, la conforma una área de alrededor de 200 kilómetros cuadrados conocida como Costa de Hermosillo por su colindancia con la costa marítima (Mar de Cortés). Desde finales del siglo XIX se inició su colonización pero no fue sino hasta mediados del siguiente que se intensificó la actividad agrícola. Actualmente existen más de 100 campos agrícolas en los cuales se cultiva hortalizas, frutas y granos tradicionales. Los agroempresarios emplean miles de trabajadores/as provenientes de otras partes del estado y del país, que año con año intervienen en una o más etapas de producción.

No se tienen registros oficiales respecto a la población total de la región, sin embargo y considerando que el principal poblado contaba para 2010 con una población de 30 mil habitantes [5], mientras que la población flotante en los campos agrícolas –principalmente en temporadas altas, periodos en que se emplea a mayores cantidades de trabajadores/as- se estiman alrededor de 20 mil, se está ante un cálculo reservado de un total de 50 mil residentes permanentes y migrantes. Hay que hacer énfasis en que esta última cantidad es fluctuante a lo largo del año debido a los requerimientos laborales.

RESULTADOS

Particularmente relevante para esta investigación representa las atenciones por lesiones en las salas de urgencias del PMA. Entre el total de motivos de consulta, en los años de 2001 a 2003, los accidentes resultaron en mayor cantidad en comparación al resto. Así también, las atenciones por lesiones en el Centro de Salud-PMA mantuvieron una diferencia significativa en servicios brindados a varones y mujeres. Abrumadoramente fueron los varones quienes más se atendieron en los tres años en cuestión, y los hicieron más por motivos de accidentes (Figura 1).

Figura 1. Tipo de lesiones atendidas según sexo y año (Centro de Salud-Poblado Miguel Alemán).



Fuente: Elaboración propia con base en el informe de actividades de la unidad médica, Centro de Salud Rural Miguel Alemán, Sistema de Información en Salud para Población Abierta, SSA.

Las lesiones provocadas por accidentes predominaron durante el periodo 2001-2003, y quienes más las sufrieron fueron los varones a diferencia de las mujeres. Mención especial merece el caso de la "violencia intrafamiliar" (se entrecomilla por razones que se explican en la sección de discusión). En el año 2001 se presentaron seis casos en varones mayores de 15 años contra cuatro mujeres -una entre los 5 y 9 años y el resto fueron mayores de 15 años.

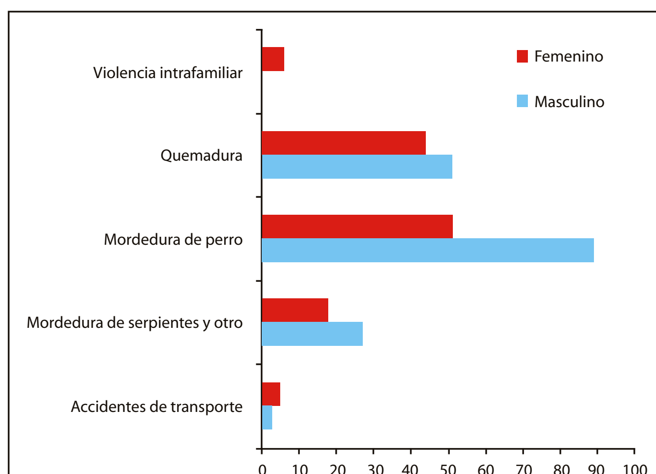
A pesar de lo anterior, en el total de los tres años, las mujeres presentaron casi el doble de lesiones por "violencia intrafamiliar". De los 31 casos atendidos por dichos motivos durante el periodo en consideración, 20 se presentaron en mujeres.

Por otro lado, la violencia que no es auto-infligida o intrafamiliar, presenta una importante frecuencia mayormente en los varones. Es importante dicho dato, pues según la información cualitativa obtenida para esta investigación, el eje de la violencia social, y de género, se configura como fuente de peligro.

En otro periodo, las lesiones por accidentes en los años revisados en su mayoría fueron provocadas por

mordedura de perro o serpiente, quemadura, y en menor medida lesiones por accidentes de transporte (años 2005, 2008 y 2009). Enseguida se presenta una gráfica en donde se muestra la distribución entre “hombres” y “mujeres”, respecto a los accidentes atendidos en el centro de salud en los citados años (Figura 2).

Figura 2. Frecuencia de principales causas de consulta por sexo en urgencia Centro de Salud-Poblado Miguel Alemán (2005, 2008 y 2009).



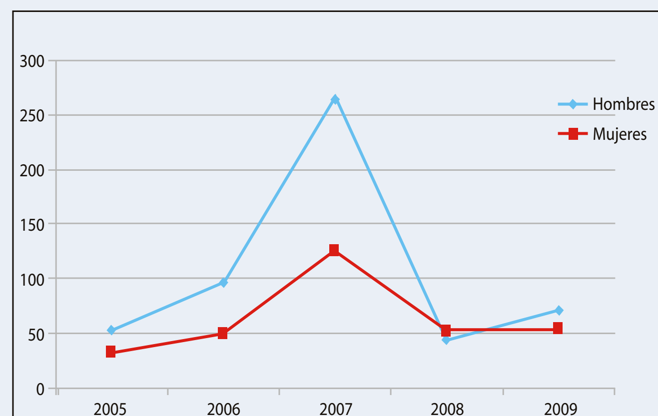
Fuente: Elaboración propia con información proporcianda por el Sistema de Información Semanal de la Secretaría de Salud del Estado de Sonora (SIS).

Principalmente son las mordeduras de perro las que aparecen con mayor frecuencia en los años citados para los dos sexos, en comparación con los demás motivos de consulta en sala de urgencia. Son los varones jóvenes quienes reportaron con mayor frecuencia mordeduras de perro, y con menor frecuencia en las mujeres. No es casual que algunos informantes refieran el ataque de perros como uno de los principales peligros que se viven en el PMA. En segundo lugar, se encuentran las mordeduras por víbora u otro animal, excepto el perro.



Para dimensionar los daños en varios años, enseguida se muestran las tendencias por motivos de consulta en la sala de urgencia respecto a las diferencias entre los individuos masculinos y femeninos. Los primeros mantuvieron una ligera preeminencia en daños respecto a las mujeres. Para mostrar mayor consistencia en la diferencia, en la siguiente gráfica se exponen la sumatoria de lesionados por año considerando mayor intervalo de tiempo (Figura 3).

Figura 3. Accidentes y lesiones atendidos por el Centro de Salud- PMA según sexo y año.



Fuente: Elaboración propia con información proporcianda por el Sistema de Información Semanal de la Secretaría de Salud del estado de Sonora (SIS).

De los cinco años, sólo en uno existió diferencia mayoritariamente hacia las mujeres, y el resto los varones, resultaron ser los que más se accidentaron y lesionaron; no obstante la disparidad es mínima. Fue en el 2008, el año en el que las mujeres estuvieron sensiblemente por encima de los varones. La mayor diferencia hacia los varones se dio en 2007, con poco más de 250 lesionados y accidentados en comparación a los 125 casos de mujeres.

En resumen, el total de los individuos que se atendieron en el Centro de Salud del PMA en la sala de urgencia de 2005 a 2009 fue de 841 lesionado/as-accidentado/as, representando los varones el 63.14% del total. Por otro lado, las mordeduras de animales (perros y animales venenosos) fueron las que más se atendieron.

Una población que sufre distintos tipos de lesiones en esta región es la trabajadora. Como se documentó anteriormente, el total de accidentes registrados en los trabajadores agrícolas eventuales y de planta durante el año 2000 y 2001 fue de 99 [6]. El 78% correspondió a varones en un promedio de 33 años de edad. Los traumatismos de muñeca, mano, rodilla, pierna, tobillo y pie, resultaron alrededor de 42% de los casos totales; y los casos que sufrieron algunos efectos tóxicos por sustancia no medicinal o picadura de animal, alcanzaron alrededor de 21% [6].



En entrevistas realizadas a los médicos de urgencia, narran que los motivos de accidentes de los/as trabajadores/as son las heridas de mano como cortaduras de dedos, lumbalgias (dolor de columna) por cargar objetos pesados, la introducción de objetos extraños en los oculares –para el caso de los trabajadores de granjas y barcos-, picaduras por animal y las caídas (esguinces). En menor grado se atiende, según el médico de turno matutino, por motivos de intoxicaciones relacionadas con agroquímicos. Respecto a la atención de accidentes de trabajo en el Centro de Salud, los médicos encargados de urgencia señalan que los casos más frecuentes en temporada alta de la cosecha de vid son las deshidrataciones o shock de calor y las cortadas. La experiencia de los médicos del IMSS y Centro de salud coinciden con la literatura respecto a los accidentes de trabajo en las faenas agrícolas en México [7], [8].

En cuanto a las atribuciones causales, es decir, las razones por las que creen que se suscitan las lesiones, en primer término se adjudica a la utilización de equipo para protegerse, un médico dice:

"El trabajador es muy noble, va y si le dice que tiene que hacer su trabajo, saca la chamba, y si hay un peligro lo asume, pocas veces se quejan de que no tenían equipo de protección, es más, a veces no están enterados de cuál es el equipo adecuado que tienen que utilizar, también es por ignorancia o porque lo que quieren es sacar su chamba…" (PMA, 2008).

Las diferencias de los daños a la salud entre "hombre" y "mujer", según un médico del IMSS, las trabajadoras son más cuidadosas, y las molestias que más padecen son las deshidrataciones.

INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

Los resultados hasta aquí expuestos indican una diferenciación sustantiva entre varones y mujeres; ello apunta a reforzar la hipótesis sobre el mayor peso en la frecuencia de lesiones para los primeros. Está abierta la discusión respecto al significado de este hecho. Los datos presentados resultan insuficiente en sí mismos, es menester contextualizarlos y leerlos bajo un concepto clave: el género.

Los estudios de género estarían indicando que la carga cultural y social es un factor decisivo (ver apartado "Investigación"). En cambio, algunos sociobiólogos argumentan que los comportamientos entre los sexos tienen una base biológica influenciada por la cultura [9]. Se parte de la idea que las condiciones del ambiente, especialmente la creencia en la resistencia y la fuerza mayor del varón, junto con el contexto de violencia de la región en referencia, apunta a incentivar comportamientos "atrevidos". De alguna forma, la sobremortalidad masculina y la primacía de las agresiones en las causas básica de defunción que documentó una investigación en la región –en los años de 2000 al 2002, abonan a dimensionar la situación de los varones en cuanto a los daños a la salud [6].

En la región se conforman escenarios en que la competencia laboral en el surco deriva en riñas. En el aspecto laboral, las jornadas en los campos agrícolas son exhaustivas, los salarios bajos y el desempleo amenaza cada fin de temporada de cosecha vitivinícola. En este sentido, es entendible que los varones por el deseo de realizar más tareas agrícolas para obtener mejores ingresos y cumplir con la expectativa social de la proveeduría y/o la creencia de superioridad física, se configure un escenario en que son ellos los que más sufren accidentes y mueren por causas relacionadas con la violencia y la temeridad.

Otro aspecto importante para interpretar los resultados de este trabajo es la propia dinámica del PMA. La "violencia intrafamiliar" y de otro tipo, y los accidentes, son moneda corriente. En los resultados se entrecomilla el tipo de lesión denominado "violencia intrafamiliar", pues cuando los codificadores de las fuentes oficiales lo consideran así se constriñe su riqueza conceptual y se empobrece su significado. Dado que no se usa rigor conceptual en dicho término, se encajona dicha violencia en simples lesiones.

Otro elemento importante para entender los resultados

del presente trabajo tiene que ver con la dinámica propia del principal poblado de la región. No solamente la violencia familiar sino los otros tipos (particularmente la social) tiene un sello masculino, fueron en su mayoría mujeres quienes sufrieron alguna causa de lesión a razón de éstas; dichos datos nos proporcionan pistas para entender la lógica del funcionamiento del género como sistema. Las relaciones al interior del sistema género no solamente exalta un modelo masculino que tiende al descuido e imprudencia del varón sino que además se promueve distintos tipos de violencia hacia las mujeres.

Por otro lado, los accidentes son los tipos de lesiones con mayor envergadura, y dentro de los primeros, la mordedura de perros (en su mayoría en varones) aparece con una importante frecuencia. Esto es explicable porque existe un desorden en la regulación de las mascotas, y que sean los varones los que más sufran dicha lesión, tiene que ver con la creencia cultural de que los espacios públicos son masculinos. Lamentablemente no se tiene el dato respecto al lugar en que ocurrió la lesión, por experiencia en la investigación se sabe que muchos ataques le ocurren al transeúnte.

Respecto a lo que comentaron los médicos de urgencia, es importante la referencia que hacen sobre los golpes de calor debida a altas temperaturas. Sonora ocupa el primer lugar de “muertes por calor” en un periodo de 9 años (2002-2010) con 150 casos, el total nacional fue 392 defunciones. Las actividades productivas que realizaban las personas tenían que ver con el sector primario (agropecuario, ganadero), y en su mayoría eran varones [10]. Es importante apuntar este hecho, pues el clima, en este caso las altas temperaturas de verano en la Costa, suelen ser dañinas desde el punto de vista de la salud.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Existe un patrón durante los periodos 2001-2003 y 2005-2009: los varones acudieron más veces que las mujeres a emergencia en el Centro de Salud del PMA. Para el primer periodo, los tres principales motivos fueron los accidentes, la violencia denominada “intrafamiliar”, y otros tipos de violencias. Para el segundo, las quemaduras y las mordeduras de animales (perros, serpientes y otros) se añadieron a los anteriores motivos. Existen mecanismos socioculturales y económicos que estarían incidiendo para que ello ocurra. La presencia del inestable mercado de trabajo junto con la precariedad laboral (ausencia de seguridad social en los trabajadores agrícolas), configuran escenarios vulnerables para hombres y mujeres. No obstante, la presencia del imperativo cultural de la proveeduría masculina, por una parte, y la tendencia del modelo masculino que desincentiva la precaución ante situaciones de peligro, contribuyen a configurar escenarios de accidentes y lesiones [11].

Una de las principales recomendaciones en términos de política pública (laboral y de salud) se refiere a multiplicar los talleres de sensibilización que promuevan la cultura del cuidado, las prácticas laborales seguras, derribando los mitos e ideas sobre el comportamiento masculino. Es necesario que los campos agrícolas y las empresas asentadas en el PMA, incorporen políticas de género, en especial para la prevención de accidentes. Además, es importante realizar agresivos programas desde la Secretaría de Salud para mitigar los efectos del calor y las mordeduras de animales y víboras.

BIBLIOGRAFÍA

1) V. Seidler, «La sinrazón masculina,» México: PUEG-UNAM, CIESAS y Paidós, 2000.
2) C. Denman, C. Castro y P. Aranda, «Salud en Sonora desde una perspectiva de género: retos y propuestas,» Región y Sociedad, vol. XIX, nº Especial, pp. 147-170, 2007.
3) J. Scott, «El género una categoría útil para el análisis histórico,» de El género: la construcción cultural de la diferencia sexual, México, PUEG-UNAM, Miguel Ángel Porrúa, 1996, pp. 265-302.
4) P. Ostlin, «Desigualdades por razón de género en salud ocupacional, Washintown,» OPS y Harvard Center for Population and Development Studies, 2001.
5) Instituto Nacional de Estadística y Geografía, «Sistema Nacional de Consultas Virtuales,» INEGI, 1 enero 2011. [En línea]. Available: http://operativos.inegi.org.mx/sistemas/iter/consultar_info.aspx. [Último acceso: 23 marzo 2014].
6) E. Calvario, «Masculinidad, padecimientos y accidentes por el trabajo el caso de los jornaleros del Poblado Miguel Alemán, Costa de Hermosillo» Hermosillo: Tesis de maestría, El Colegio de Sonora, 2003
7) M. Vanackere, «La situación de los jornaleros agrícolas en México,» Revista internacional del trabajo, vol. 2, nº 107, pp. 245-268, 1988.
8) J. L. Seefoó, «La calidad es nuestra, la intoxicación… ¡de usted! Atribución de la responsabilidad en las intoxicaciones por plaguicidas agrícolas, Zamora, Michoacán,» 1997-2000, Zamora: El Colegio de Michoacán, 2005.
9) P. Ehrlich, «Naturalezas humanas. Genes, culturas y la perspectiva humana, México,»Fondo de Cultura Económica, 2005.
10) R. Díaz, L. Castro y P. Aranda, «Mortalidad por calor natural excesivo en el Noroeste de México: condicionantes sociales asociados a esta causa de muerte,» Frontera Norte, vol. 26, nº 52, pp. 155-177, 2014.
11) E. Calvario, «Género y masculinidad. Juegos de poder y configuración del peligro en el poblado Miguel Alemán, Sonora,»México: Tesis de doctorado, El Colegio de México, 2014.





ERRORES CONCEPTUALES INSTITUCIONALIZADOS EN MATEMÁTICAS

* JORGE RUPERTO VARGAS CASTRO, MARÍA ELENA PARRA RAMOS, JOSÉ LUIS DÍAZ GÓMEZ

RESUMEN

A raíz de las reflexiones que surgen del análisis del actual Modelo Curricular de la Universidad de Sonora donde el estudiante ocupa un lugar activo y protagónico en la construcción de su conocimiento, y tomando en cuenta que en la Universidad de Sonora estamos en un momento de reflexión y análisis encaminados hacia la propuesta de un nuevo modelo curricular basado en competencias, sabiendo que en ambos se insiste en el uso de las nuevas TIC's en los procesos de enseñanza y aprendizaje, en lo que a matemáticas se refiere, es oportuno hacer algunos señalamientos en relación a la precisión de los contenidos disciplinares a estudiar (el qué enseñar). También considerar los aspectos metodológicos encaminados a propiciar el aprendizaje de los mismos (el cómo enseñar). En este artículo se hace un análisis parcial de estos aspectos, ejemplificándolo con uno de los conceptos fundamentales en matemáticas, desde el nivel básico hasta el superior. Este concepto es el de simetría, en el cual algunos libros de texto y más de un tipo de software matemático muy reconocidos, propician errores de comprensión.

Palabras-clave:*Transformación, reflexión, rotación, traslación, simetría.*

DR. JORGE RUPERTO VARGAS CASTRO
Correo: rvargas@gauss.mat.uson.mx
M.C. MARÍA ELENA PARRA RAMOS
Correo: meparra@gauss.mat.uson.mx

DR. JOSÉ LUIS DÍAZ GÓMEZ
Correo: jdiaz@gauss.mat.uson.mx
Departamento de Matemáticas,
Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: Jorge Ruperto Vargas Castro
Correo electrónico: rvargas@gauss.mat.uson.mx
Recibido: 15 de septiembre de 2014
Aceptado: 24 de noviembre de 2014
ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

En la conjunción de esfuerzos por mejorar la comprensión y aprendizaje de las matemáticas, concurre una amplia diversidad de factores; sólo por mencionar algunos listamos los siguientes: Institución y nivel educativo que se imparte en la misma, modelo curricular que se sigue, infraestructura física con la que se cuenta, nivel de preparación disciplinar y pedagógica de los maestros, biblioteca con textos adecuados, elección y forma de uso de libros de textos; nivel, calidad y precisión de los contenidos disciplinares y uso adecuado de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (NTIC's). Aunque el conjunto de factores concurrentes es mucho mayor que los ya mencionados, sabemos que no es posible abordarlos todos a la vez, por lo cual, en este artículo nos restringiremos a hacer un breve análisis de los siguientes contenidos disciplinares:

- Expresados en los libros de texto
- Expresados en softwares educativos.

IMPORTANCIA DE LOS CONTENIDOS DISCIPLINARES

Al abordar el análisis de los procesos de aprender y enseñar matemáticas, nos encontramos con una amplia gama de opiniones al respecto, desde quienes piensan que para enseñar bien matemáticas basta con saber mucho de matemáticas, hasta quienes piensan que lo único indispensable es contar con una buena formación pedagógica, con lo cual podrán tener éxito al enseñar cualquier disciplina. Mostrando los hechos que ninguna postura extrema funciona, se debe considerar la importancia de ambos aspectos, una sólida formación matemática y un sustento teórico firme de las metodologías de enseñanza.

Cuando el enfoque de la enseñanza está basado en una teoría del aprendizaje bien definida, pero el objeto matemático en estudio es impreciso, o peor aún, erróneo, entonces caemos en la situación de estar enseñando muy bien un error. Irónicamente hubiera sido mejor hacer una mala enseñanza del error, ya que un error muy bien enseñado se afianza tanto o más como un concepto preciso bien enseñado. La firme enseñanza de un error **produce mayor daño**, que el beneficio de algo correcto bien enseñado, causando mayor dificultad de romper la estructura del error [1].

Por otro lado, si el maestro tiene una sólida formación matemática, pero no es consciente de los procesos pedagógicos y sólo se limita a la tradicional exposición oral y escrita, puede producir una consecuencia frecuente, como puede observarse al hacer preguntas a estudiantes de licenciatura acerca de temas vistos el semestre anterior, el tiempo de retención de los conceptos es muy corto y la esperanza de que sea capaz de aplicarlos, por consecuencia, es muy baja en el estudiante común.

DOS TEMAS PARTICULARES

A manera de ilustración de la adecuada combinación de precisión disciplinaria y estrategia pedagógica requeridas para la precisa y duradera comprensión de un concepto matemático, consideraremos dos temas: uno de nivel básico comúnmente estudiado en la escuela secundaria, del cual sólo haremos breves comentarios y otro transversalmente presente desde jardín de niños hasta los primeros niveles de licenciatura, del cual hablaremos más ampliamente, a la vez que se analizarán frecuentes errores conceptuales al respecto. Los temas referidos, en orden de mención, son:

- Casos de congruencia de triángulos
- Simetría

El tema que principalmente nos ocupará, como ya se indicó, es el de simetría.

Casos de congruencia de triángulos

Desde la escuela secundaria hemos aprendido, aunque frecuentemente olvidado, que los casos de congruencia de triángulos son tres:

- Lado, lado, lado (LLL)
- Lado, ángulo, lado (LAL)
- Ángulo, lado, ángulo (ALA)

En esta ocasión sólo mencionaremos que el común de los profesores, según experiencias en diplomados impartidos para el nivel de secundaria, tanto a nivel regional como nacional:

a) No saben de entre cuántas combinaciones posibles se eligen los casos conocidos.
b) No saben argumentar por qué los casos conocidos sí son casos de congruencia.
c) Entre los que no son casos de congruencia (como LLA), no se proporcionan argumentos de por qué no lo son ni mucho menos un análisis de posibles casuísticas particulares en las que, por ejemplo, el caso LLA que en lo general no es caso de congruencia, en lo particular sí lo es.
d) No se da argumento del por qué no incluir el caso LAA, como caso de congruencia, erróneamente rechazado, porque sí lo es.
e) Prácticamente se aceptan como "dogmas de fe" que los casos de congruencia son los tres conocidos, sólo porque los libros así lo dicen.

Esta problemática vale la pena analizarla ampliamente en otro artículo. Esto nos hace ver que ni la matemática básica, como disciplina didáctica, está lo suficientemente discutida.

Éste es un buen ejemplo de contenido del nivel básico en el que no se presenta precisión disciplinaria ni estrategias adecuadas de enseñanza.

Abordaremos ahora el tema que especialmente nos interesa más, por estar transversalmente presente casi desde jardín de niños hasta niveles superiores de la matemática y otras ciencias.

La simetría

Definición etimológica: *lat. symmetria de gr. symmetrĭā* συμμετρία [sўn σύν gr. 'con', *‹unión› +metr(o)- μgr. ‹medida› + -ia gr. ‹cualidad›]*

En general, se entiende como proporción adecuada de las partes de un todo entre sí y con el todo mismo. Regularidad en la disposición de las partes o puntos de un cuerpo o figura.

Definición matemática: como antecedente del concepto matemático de simetría, en el XXXII Congreso Nacional de la SMM realizado en Guadalajara, Jalisco en el año 1999, se presentó una ponencia cuyo título era una pregunta doble:

"¿Es toda reflexión una simetría? y ¿Es toda simetría una reflexión?"

Al plantear estas preguntas a priori a la gran concurrencia de distintos puntos del país, la respuesta unánime para ambas preguntas fue un SÍ, causándoles gran desconcierto cuando se les dijo que la respuesta a ambas es NO.

El motivo de la unanimidad inicial y el desconcierto posterior está en el hecho de cómo se ha presentado el concepto desde los primeros niveles de la educación básica, donde se ha hecho creer que la simetría siempre tiene que ver con la transformación geométrica llamada reflexión, al grado de identificarlas. Para dar inicio al análisis de esta problemática conceptual, mediante ilustraciones daremos respuesta de nuevo a la doble pregunta mencionada anteriormente, sirviéndonos esto de preámbulo para enunciar la definición matemáticamente correcta del concepto de simetría.

La primera pregunta a analizar y responder es: ¿Es toda reflexión una simetría? La respuesta lacónica a la pregunta es NO, las razones las ilustramos a continuación:

Una reflexión en el plano, con respecto a una recta tomada como eje, haciendo el lugar de espejo (por eso se le llama reflexión), la definimos puntualmente así:

"El punto P' es reflejo del punto P con respecto a la recta l si el segmento PP' es perpendicular a l y además los puntos P y P' equidistan de "l (Figura 1).



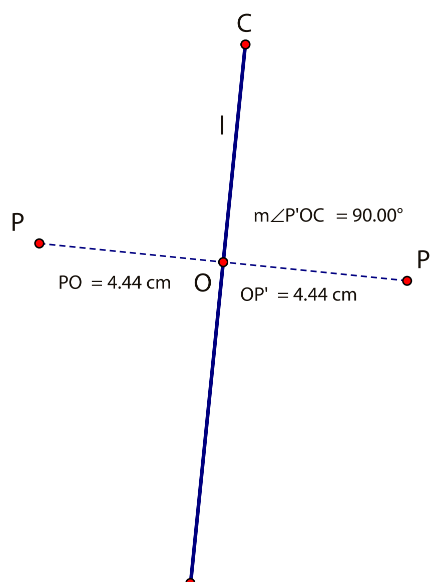


Figura 1. Reflexión de un punto con respecto a un eje.

Más globalmente:

"Una figura M' es el reflejo de una figura M con respecto a la recta l si todo punto de M' es reflejo de algún punto de M y recíprocamente" (Figura 2).

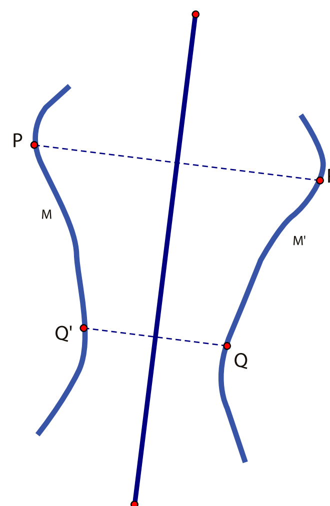


Figura 2. Reflexión de una figura con respecto a un eje.

Ante la experiencia de vernos en un espejo (Reflexión) nunca pensamos que la imagen y yo somos un todo, sino que mi ser real es uno, mientras que el ser virtual (imagen) es otro, tan es así que si una persona es diestra (derecha) su imagen en el espejo es siniestra (zurda). Esto se advierte debido a que se piensa que reflexión y simetría es lo mismo (comprobado por años en una encuesta que se presenta en anexo) por ver al objeto y a la imagen como un todo. **Debemos aprender a distinguir entre un objeto y su imagen** (Figura 3).

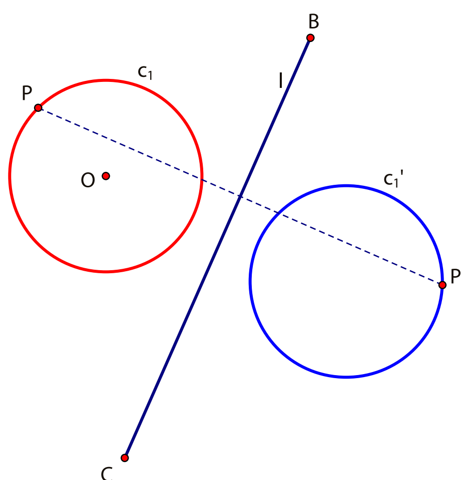
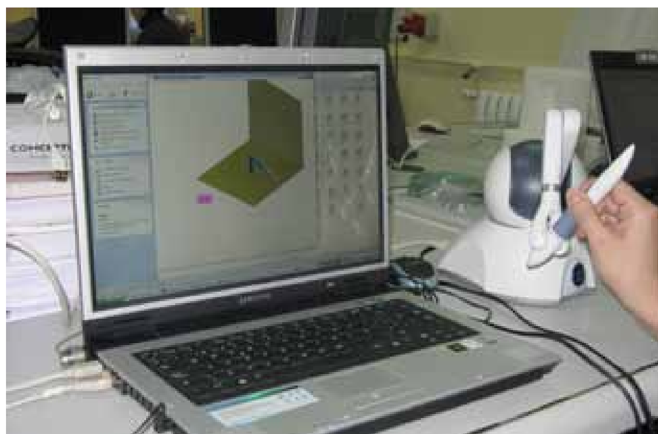


Figura 3. Reflexión sin simetría.

Si tomamos al segmento BC como un espejo (eje de reflexión), la circunferencia C1 de color rojo como el "objeto real", el cual consiste de un conjunto de puntos en el plano que equidistan del punto fijo O llamado centro, siendo el punto P uno de ellos, la imagen reflejada obviamente no es la misma circunferencia. La circunferencia C1′ de color azul, en la cual está, en la posición respectiva, la imagen del punto P llamada P′; **no es un solo sistema, sino que C1 es una figura y su reflejo C1′ es otra distinta** en este caso todos los puntos de C1 tienen su imagen en otro conjunto distinto de C1, en el conjunto C1′; en particular, el punto P que está en C1, tiene su imagen P′ en otro conjunto distinto, el conjunto C1′.

Si giramos el eje *l* (segmento BC), centrado en C, hacia la izquierda, de tal manera que el punto O quede muy cerca de *l*, observamos que las dos circunferencias (C1 y C1′) tienden a fusionarse en una sola (Figura 4), y cuando finalmente la recta *l* pasa por O, las dos circunferencias se convierten en una sola y ahora sí cualquier punto P de C1 tiene su imagen reflejada P′ en la misma C1 (Figura 5). En este momento podemos afirmar que el eje de **reflexión l**, que existe como tal, **se convierte en un auténtico eje de simetría**, precisamente porque ahora sí cualquier punto de C1 tiene su imagen reflejo en el mismo C1.



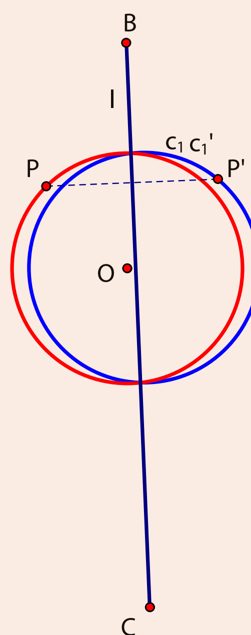


Figura 4 Reflexión cercana a simetría.

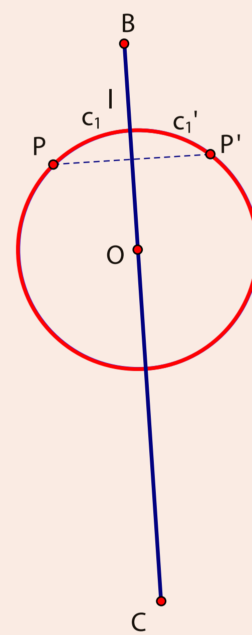


Figura 5. Simetría de reflexión.

Esto nos muestra que **la Reflexión con respecto a un eje** (como si fuera un espejo) **es una auténtica transformación en el plano** (una isometría por preservar distancias), mientras que **la simetría axial no es una transformación**, sino una circunstancia o situación que en un momento dado puede presentarse al hacer reflexiones con respecto a un eje de reflexión.

Esta ilustración, aunque es posible presentar una gran variedad de ellas, nos basta para poder afirmar que: **No toda reflexión es una simetría**. Con esto, aunque sea en forma ilustrativa, hemos dado una respuesta a la primera pregunta, ahora, en términos similares, daremos respuesta a la segunda pregunta, la recíproca de la primera:

¿Es toda simetría una reflexión?

En la figura 6, se presenta un hexágono regular ABCDEF y sus diagonales radiales tomando como centro de rotación al punto O. Todo el conjunto es girado un ángulo RQS (cuya medida se muestra), obteniendo un conjunto imagen consistente en el hexágono congruente de vértices A′B′C′D′E′F′, de color rojo, que no coincide con el original. Se muestra un punto P de la figura original y su imagen P′ bajo la rotación indicada, no pertenece al conjunto original, lo cual nos ilustra que esta rotación realizada NO ES UNA SIMETRÍA.

En cambio, en la figura 7, se nos presenta una rotación del mismo hexágono original con respecto al mismo centro, pero ahora con un ángulo de rotación de 60°.

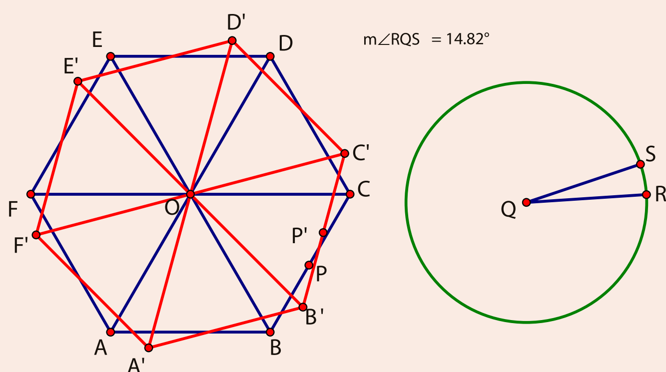


Figura 6. Rotación sin simetría.

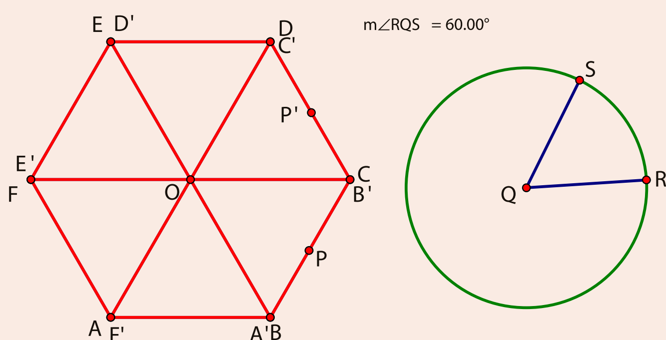


Figura 7. Simetría de rotación.

Con este ángulo de rotación, al igual que con los ángulos de 120°, 180°, 240°, 300° y 360° (equivalente a 0°), todos los puntos del conjunto inicial tienen sus imágenes en el mismo conjunto, lo cual nos indica que la figura original tiene seis simetrías de rotación, esto nos ilustra que no sólo las reflexiones pueden producir simetrías, sino también las rotaciones, las traslaciones (esto se puede ilustrar mediante cenefas infinitas en el plano) y otra gran variedad de transformaciones en el plano, por lo que, como respuesta a la segunda pregunta, podemos afirmar:



"No toda simetría es una reflexión".

Tenemos ya suficientes elementos para dar una definición matemática del concepto de simetría en el plano accesible a un lector no especializado, pero suficientemente precisa, de la siguiente manera:

Si T es una transformación del plano en él mismo ($T: E^2 \rightarrow E^2$) y S está contenido en E^2 ($S \subset E^2$), decimos que T es una simetría para el conjunto S si el conjunto S queda invariante bajo la transformación T, o sea que, si para cualquier elemento x de S ($x \in S$), su imagen pertenece también a ($T(x) \in S$); también decimos que el conjunto S es simétrico con respecto a la transformación T.

Obsérvese que una transformación del plano no necesariamente provoca una simetría en un conjunto dado *S*, pudiendo provocarla o no en otro conjunto S′, por lo cual no es correcto asignarle a una transformación el calificativo de simetría, sino que necesariamente debe considerarse la transformación y el conjunto al que se aplica simultáneamente. De ello se desprende que tampoco es correcto ubicar el término simetría dentro de un menú de transformaciones, como sucede en ciertos tipos de software, lo cual se comentará más abajo.

Error institucionalizado

Nos preguntamos ¿qué factores determinan que un concepto se institucionalice?

Los factores son muy diversos, sólo mencionaremos algunos por su relevancia:

- Libros de texto
- Programas oficiales
- Prácticas docentes
- Software especializado
- Sitios de internet

Por brevedad de espacio, consideraremos sólo el aspecto de uso de software especializado, recurso cada vez más influyente. Sólo mencionaremos brevemente, con respecto al uso de libros, que en México está institucionalizado el error en todos los textos del nivel básico, desde primaria hasta secundaria [2]; en el nivel medio superior ni siquiera se aborda el tema; en USA podemos encontrar libros (por supuesto en Inglés) que dan un tratamiento correcto al tema, tanto en el equivalente a nivel secundaria [3] como en College [4] y con mayor razón a nivel universitario [5], y también en [6].

Software profesional de matemáticas

Otra de las fuertes vías de consolidación de conceptos matemáticos correctos o en su defecto, vía de institucionalización del error conceptual, es la gran diversidad de software que cada vez más se usa en el aula, en laboratorios de cómputo y en casa; centraremos nuestra atención en el análisis de algunos ejemplos de software de geometría dinámica, en cuyo menú veremos el enfoque que se le da al tema de las transformaciones y de la simetría.

Software de geometría dinámica que incluyen a la reflexión como una transformación y no la llaman simetría

Mostramos a continuación porciones del menú de transformaciones de tres ejemplos de software que ilustran el correcto uso de los términos:

La figura 8 nos presenta una porción del menú del software **"The Geometer´s Sketchpad"** versión 5.06, donde puede verse que, al activar el submenú de transformaciones, está conceptualmente correcto, ya que la opción "Mark Mirror" se usa para activar a una recta o segmento como "eje de reflexión", no de simetría y más abajo a la transformación la llama reflexión.

Figura 8. Menú Transformaciones del SketchPad.

El siguiente recuadro correspondiente a la figura 9, muestra cómo uno de los mejores software de este tipo llamado **Cinderella** (Aquí usada la versión 2) le llama "use un espejo" a la transformación de reflexión, siendo coherente. El espejo puede ser un punto, una recta (espejo plano) o incluso una circunferencia (Inversión), en este caso se ilustra con un ejemplo de reflexión con respecto a una recta.

Figura 9. Menú Transformaciones del Cinderella.

En la figura 10 se muestra el menú de transformaciones de uno de los software más usado actualmente (por ser muy bueno y gratuito) llamado **"GeoGebra"**. Aquí se muestra una vista del menú de transformaciones correspondiente a la versión 4.2, de nuevo puede verse en este software, el manejo correcto de la terminología de transformaciones, en especial la reflexión.

Figura 10. Menú Transformaciones Geogebra versión 4.2.

Software de geometría dinámica que ERRÓNEAMENTE ubica a la simetría en el menú de transformaciones identificándola con reflexión.

Tal vez el más influyente en esta línea es un software de origen Francés llamado "Cabri Geometre II Plus", cuyo menú de transformaciones se presenta en la figura 11, donde puede verse cómo identifican simetría axial con la reflexión con respecto a una línea recta.

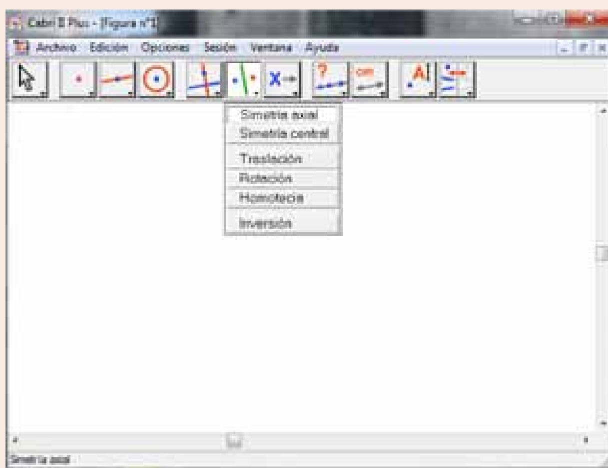


Figura 11. Menú Transformaciones de Cabri II Plus.

GEUP

Se hace llamar "la versión española del Cabri", y por consecuencia, como puede verse en el menú de transformaciones ilustrado en la figura 12, correspondiente a la versión 6, adolece del mismo error conceptual en lo que a simetría se refiere.

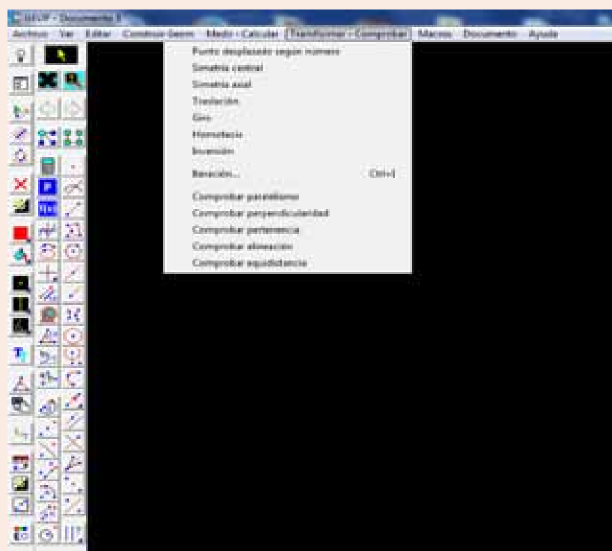


Figura 12. Menú Transformaciones de GEUP 6.

Geogebra 4.4

La figura 14 nos muestra el menú Transformaciones de la versión 4.4 del software llamado Geogebra, en donde podemos apreciar que esta nueva versión cayó en los errores conceptuales de Cabri Geometer II Plus y GEUP Versión 6.

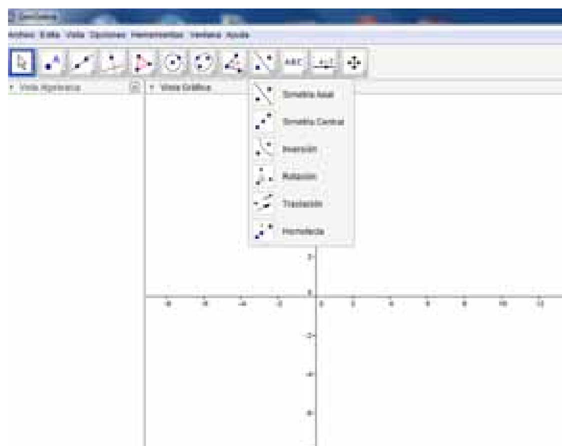


Figura 13. Menú Transformaciones de GeoGebra Versión 4.4.

Esto ilustra cómo la fuerza del error institucionalizado, tanto en libros de texto como en algunos tipos de software profesional, ha permeado; aún en un software tan prestigiado como GeoGebra que de la versión 4.2, en el que se hacía un correcto manejo del menú de transformaciones (siendo en ésto aún mejor la versión 3 que no incluía entre paréntesis la palabra inversión después de la opción "Reflexión con respecto a una circunferencia", ya que provocaba una problematización acerca del significado de esa transformación, propiciando en que se problematice la posibilidad de descubrir que se trata de la inversión), al pasar a la versión 4.4; mientras que mejoró en muchos otros aspectos, en lo que al menú de transformaciones se refiere, cayó en el error de identificar la Reflexión con Simetría Axial.

Esperamos que lo aquí analizado propicie el inicio de un proceso de revisión de algunos de los conceptos más fundamentales de matemáticas, eliminando algunos errores conceptuales institucionalizados en la escuela desde el nivel básico hasta los primeros años de licenciatura, como sucede con el caso del concepto de simetría.

BIBLIOGRAFÍA

1) J. Vargas Castro (2012). "Enseñanza e investigación educativa en relación al Aprendizaje de algunos tópicos geométricos mediante el uso de recursos interactivos a través de Internet. El caso de las isometrías y simetrías en el plano". Tesis de doctorado. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México, enero 2012, p. 98
2) P. Hernández y S. Romero (2007). Matemáticas 2 Secundaria. México. Ediciones Castillo, 2007, pp. 224-225.
3) M. Serra. Discovering Geometry, An Inductive Approach. California, USA: Key Curriculum Press, 1997, pp 2-4, 386-388.
4) C. Kay David. College Geometry, a Discovery Approach. USA: Adison Wesley, 2001, pp. 390-391, 392, 397.
5) M. A. Armstrong. Groups and Symmetry. USA: Springer, 1997, pp. 2-4, 15, 16, 37-40.
6) B. Grünbaum y G. Shephard. Tilings and Patterns. New York: W. H. Freeman and Company, 1987, pp. 26-28, 402-404.

PROPUESTA DE PROYECTO DE ESTADÍSTICA: UN MODELO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE PARA PRONOSTICAR LA CONCENTRACIÓN DE CO_2 DEL VOLCÁN MAUNA LOA

* CLAUDIO ALFREDO LÓPEZ MIRANDA, CÉSAR AUGUSTO ROMERO RAMOS

RESUMEN

Este trabajo aplica un modelo predictivo de regresión lineal para analizar la contaminación atmosférica de dióxido de carbono (CO_2) producida por el volcán Mauna Loa de Hawái. Los datos fueron extraídos de un repositorio de internet que contiene múltiples casos de geología, climatología, física, etcétera. El modelo se utilizó para predecir la tendencia de emisiones de CO_2 con respecto al tiempo; se estimó la contaminación promedio de dicha tendencia, la cual descubrimos ha crecido aproximadamente 0.1 partes por millón por mes; así comotambién se obtuvieron los intervalos de predicción para una emisión puntual que existió en un momento determinado. Se recomienda el trabajo para estudiantes de ciencias exactas y naturales, como prototipo de artículo de investigación donde se aplique específicamente el modelo de regresión lineal simple; aunque la estructura también puede servir en otras áreas donde se enseñen los modelos de regresión.

Palabras clave: *Regresión lineal simple, estadística aplicada.*

DR. CLAUDIO ALFREDO LÓPEZ MIRANDA
Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora
Correo: claudio@mat.uson.mx
EST. CÉSAR AUGUSTO ROMERO RAMOS
Departamento de Física, Universidad de Sonora
Correo: romero.rca_81@hotmail.com

*Autor para correspondencia: Claudio Alfredo López Miranda
Correo electrónico: claudio@mat.uson.mx
Recibido: 04 de septiembre del 2014
Aceptado: 24 de noviembre del 2014
ISSN: 2007-4530



MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Las carreras de Ciencias Exactas y Naturales, como las licenciaturas en Matemáticas, Física, Geología y Ciencias Computacionales, tienen una orientación fuerte hacia la investigación teórica y aplicada, por lo que es deseable que sus estudiantes comiencen a desarrollar su capacidad investigadora desde el inicio de la carrera, por ejemplo, elaborando un proyecto de estadística al final de un curso, en la forma de un artículo de revista. Se sugiere usar datos reales de algún experimento observacional, pruebas de laboratorio, o de algún repositorio en internet. Se recomienda que tanto el tema como la "recolección" de datos se deje al criterio del estudiante, así habrá mayor entusiasmo y profundidad en la investigación.

Generalmente el modelo de Regresión Lineal (RL) se estudia en los cursos hasta el final del semestre, por lo que un proyecto de RL serviría como estudio integral de la mayoría de los temas ya que incluiría gran parte de las técnicas de estadística, tanto descriptiva como de estadística inferencial.

La estructura de este trabajo está planeada como guía para el estudiante en la elaboración de un artículo, o como ejemplo para exponerse en clase. El trabajo va dirigido a estudiantes de Ciencias Exactas y Naturales, aunque la estructura general puede utilizarse en otras áreas como Ingeniería Química, Biología, Ciencias Sociales, Nutrición, o prácticamente cualquier área donde se curse la materia de estadística y se estudie la parte descriptiva y de inferencia de los modelos de regresión lineal simple.

INTRODUCCIÓN

El Mauna Loa ("Montaña Grande") es uno de los cinco volcanes que forman la Isla de Hawái en el Océano Pacífico (Figura 1). Históricamente es considerado el volcán más grande sobre la tierra, tanto en masa como en volumen; es un volcán activo de 75,000 km^3 de volumen. Tiene 700,000 años haciendo erupciones, y debió salir sobre el nivel del mar hace 400,000 años. En este trabajo analizaremos las mediciones de gas invernadero monitoreadas a lo largo del tiempo, desde 1965 hasta 1980, con el fin de estimar la tendencia de emisiones de CO_2. Cabe mencionar que nos limitamos a investigar sólo el crecimiento de emisiones (la tendencia) con respecto al tiempo, y no en el contexto de pronósticos para *series de tiempo*.



Figura 1. Ríos de lava sobre el Mauna Loa.

El objetivo de este trabajo es presentar un artículo que contemple algunos de los pasos que deben considerarse a la hora de aplicar un modelo de regresión lineal simple, lo cual se ejemplifica mediante la deducción de un modelo lineal para pronosticar la concentración de CO_2 del volcán Mauna Loa. Los métodos estadísticos aquí presentados tienen un nivel de dificultad de acuerdo al programa de un primer curso de estadística, por lo que algunos aspectos de la teoría de regresión lineal no son contemplados de manera exhaustiva, como por ejemplo el análisis residual o el de varianza. Es común que a la hora de intentar aplicar un modelo de regresión lineal simple, el estudiante o investigador novato se limite a usar un paquete de cómputo para obtener una estimación de los parámetros del modelo, a interpretarlos, a graficar los puntos junto con la recta de regresión, y a usar el modelo resultante para pronosticar valores de la variable de respuesta, todo ello sin validar en momento alguno si el modelo es correcto o no. Por lo tanto, para que la aplicación resulte lo más realista y completa posible, se debe por un lado, de verificar primeramente si los supuestos del modelo son válidos antes de proceder a obtener el modelo mismo; y por otro lado, una vez verificados los supuestos, se debe de explotar la gama de herramientas estadísticas para estudiar la precisión de las estimaciones, incluir por lo menos un análisis parcial de varianza y de residuos, estudiar los intervalos de confianza y de predicción, así como distintas pruebas de hipótesis.

En consecuencia, el trabajo está presentado en el siguiente orden. Primero explicamos el concepto de regresión lineal; luego realizamos la exploración gráfica de los datos para detectar que el patrón lineal es factible. Después verificamos mediante gráficas y pruebas formales los supuestos del modelo, a saber, la hipótesis de homocedasticidad de la varianza y el supuesto de normalidad de los residuos. Al concluir que los supuestos se cumplen, se procede con la estimación de parámetros del modelo β_0 y β_1. Una vez que se tienen las estimaciones $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$, es posible construir dicho modelo; sin embargo, antes de usarlo para hacer pronósticos, se debe estudiar la precisión en la estimación de los parámetros de la recta (en particular la pendiente) así como validar mediante una prueba si dicha pendiente es significativa. Si el modelo que relaciona Y y X, resulta significativo, esto es, si estadísticos como el coeficiente de determinación R^2 explica en gran medida la variabilidad en la respuesta (CO_2), y el coeficiente de correlación R arroja una fuerte dependencia lineal entre la variable regresora (tiempo) y la variable de respuesta (CO_2), entonces tendrá sentido el análisis inferencial que se realice, siempre y cuando la relación entre X e Y, no sea solamente una correlación espuria o de falta de causalidad. Posterior a verificar lo anteriormente expuesto, se computan los intervalos de confianza para la pendiente de la recta β_1, se calcula una estimación puntual y los intervalos de confianza para un valor promedio $E(Y/x)$, de la variable de respuesta, así como una predicción puntual y un intervalo de predicción de Y. Finalmente se utiliza el modelo como predictor-pronosticador.

EL MODELO DE REGRESIÓN LINEAL

Los modelos de RL simple o bivariada, se utilizan como modelos de predicción o pronóstico. El caso más típico es cuando la variable predictora, regresora o independiente X es una variable controlada (no aleatoria), mientras que la variable de respuesta o dependiente Y resulta una variable aleatoria que tiene una distribución aproximadamente normal para cada valor x de X, pero con varianza constante σ^2. Dicha varianza se debe al error aleatorio en cada medición. Los modelos de RL surgieron desde 1889 cuando Francis Galton [1] los utilizó para pronosticar la estatura de los hijos a través de la estatura de los padres. El término "regresión" se usó en principio para indicar que ciertos fenómenos presentan continuamente mediciones altas y bajas, pero que dichas mediciones eventualmente "regresan" a un promedio desconocido pero esperado, el cual depende del momento en que se mide x. Cuando el promedio indica un desempeño pobre, entonces se dice que hay una regresión a la medianía, tal como lo usó Francis Galton [1] en su artículo pionero "*Regression towards mediocrity in hereditary stature*", donde establece que hijos de padres altos no son tan altos como sus padres, e hijos de padres bajos no son tan bajos como sus padres.

Por cuestiones didácticas en los cursos de estadística comúnmente nos enseñan primero a estimar los parámetros β_0 y β_1 de la recta de regresión (1) sin necesidad de verificar los supuestos del modelo (aunque en una aplicación real, el primer paso debe ser verificar la homocedasticidad de la varianza y la normalidad de los residuos). Dichos parámetros se estiman mediante el análisis de una muestra apareada de valores $(x,\ y)$ y aplicando el criterio de mínimos cuadrados:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \qquad (1)$$

Donde β_0 es la ordenada en el origen y β_1 la pendiente de la recta. El valor ϵ representa un error de medición o ruido aleatorio, que de no existir, los valores y´s quedarían perfectamente sobre la recta. Es común suponer que el error ϵ es una variable aleatoria con distribución normal de media cero y varianza constante σ^2 e independiente del tiempo; asimismo, se supone que la variable de respuesta Y está distribuida normalmente también con varianza σ^2 para cada valor x. El supuesto de varianza constante constituye la hipótesis de homocedasticidad y se analizará más adelante.

Con la estimación de los parámetros se obtiene la ecuación de la recta $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x$; donde $\hat{y}$ representa en nuestro estudio la cantidad estimada de la concentración de CO_2 para un tiempo particular x. Al valor $\hat{y}$ se le conoce en la literatura como el valor ajustado o simplemente ajuste; mientras que, a la recta se le conoce como la recta de ajuste o recta de regresión muestral. Así, y representará la concentración observada real mientras $\hat{y}$ será la concentración ajustada o pronosticada; a la diferencia entre ellas se le conoce como el residuo o error de estimación, denotado por $(y - \hat{y})$. Los residuos se representan gráficamente como el segmento vertical entre el punto correspondiente sobre la recta $(x, \hat{y})$ y el punto observado (x, y).

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

Primeramente se debe de explorar si la distribución de los datos se aproxima a un patrón lineal. Si el comportamiento se aleja de una línea recta el modelo lineal se descarta. En la figura 2 se ilustra el comportamiento de $n = 192$ mediciones de densidad de CO_2 en ppm en la atmósfera sobre Mauna Loa, desde enero de 1965 hasta diciembre de 1980. Observe la tendencia de crecimiento promedio lineal a grandes intervalos. El tiempo representa la variable explicativa X en meses, mientras que la concentración de CO_2 representa la variable de respuesta Y en ppm. Los datos se extrajeron del portal *DataMarket.com* usando la siguiente liga http://datamarket.com/data/set/22v1/co2-ppm-mauna-loa-1965-1980#!ds=22v1&display=line; una vez en el portal hacer clic sobre la pestaña *exportar* para extraer la serie de tiempo en el formato deseado (*Excel* por ejemplo).

Aunque no se muestran todos los detalles, se puede observar que la concentración de CO_2 se mantiene a la alza por un período de 5 a 6 meses, para después tener un período de tiempo similar a la baja. Esta forma pseudosinusoidal que adquiere la concentración de CO_2 es muy similar al comportamiento oscilatorio de muchos de los fenómenos de naturaleza geológica.

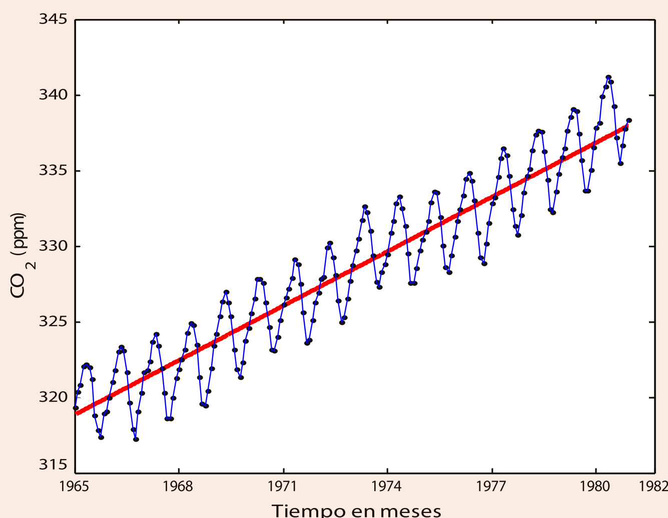


Figura 2. Concentración de CO_2 sobre el Mauna Loa respecto al tiempo.

ANÁLISIS DE HOMOCEDASTICIDAD DE LA VARIANZA

La homocedasticidad de la varianza se verifica primero de manera visual mediante una gráfica de puntos entre los valores predichos y los residuos, ambos estandarizados o

tipificados (Figura 3). Si la varianza es constante la gráfica no debe mostrar ningún patrón entre los residuos, como argumenta Lattin [2, p. 59]; por el contrario, si existe heterogeneidad en la varianza (i.e. la varianza depende del valor observado), la gráfica puede mostrar anchos distintos en la variabilidad, típicamente una gráfica en forma de embudo, sea hacia la izquierda, a la derecha o al centro. Observe en la figura 3 que no hay un patrón bien marcado de cambios, por lo que en apariencia el ancho o variación se aprecia muy similar [3, p.65].

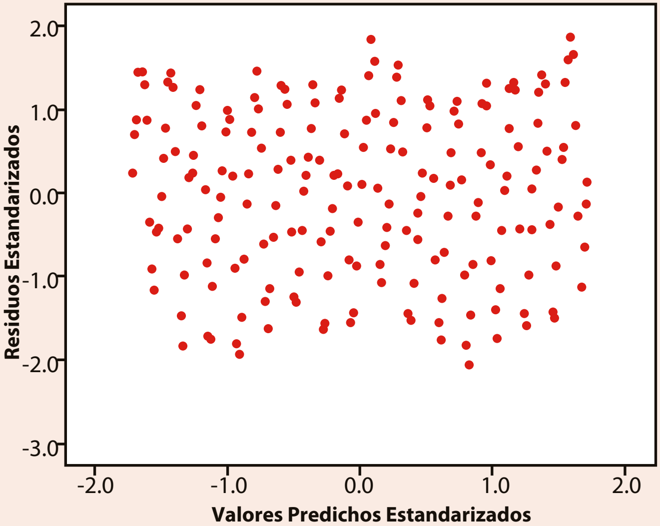


Figura 3. Distribución residual en función de los valores predichos, ambos estandarizados.

Sin embargo, para una prueba formal de homocedasticidad se debe aplicar un método estadístico formal, el cual consiste en probar si existe una correlación entre los residuos (en valor absoluto ya que de otra forma la correlación es cero) y el valor predicho no estandarizado. En este caso se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson igual a 0.025 con un p-valor de 0.731 para una prueba bilateral, con lo que se confirma que no hay ningún tipo de relación entre los residuos y los valores predichos, lo que da pie para asumir que σ^2 no debe variar entre un punto y otro. Esta prueba se realizó con SPSS en el menú *analizar/correlaciones/bivariadas* y seleccionado las dos variables involucradas, para un manual de estas pruebas de SPSS [4] ver el de C. Pérez.

ANÁLISIS RESIDUAL

Para mostrar que los residuos tienen una distribución aproximadamente normal con media cero y varianza σ^2, es común emplear un histograma de la distribución o bien una gráfica de probabilidad P-P (Figura 4). Observamos que los datos se dispersan con pequeñas desviaciones alrededor del patrón lineal esperado para una distribución normal. Pensamos que las desviaciones fluctuantes se deben a la oscilación de la serie de tiempo y algunos picos en la concentración de CO_2.

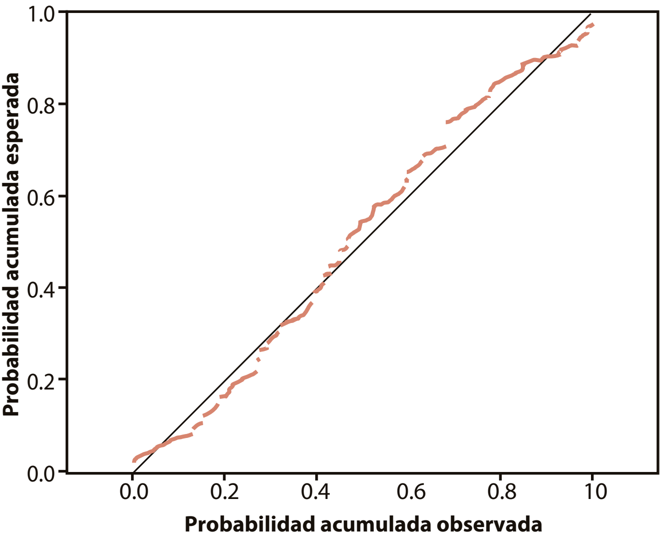


Figura 4. Gráfica de probabilidad normal P-P de residuos estandarizados.

No obstante, si deseamos ser más rigurosos podemos recurrir a procedimientos analíticos, como la prueba *Kolmogorov-Smirnov* para la normalidad. La tabla 1 muestra los resultados de dicha prueba obtenidos mediante SPSS (en el menú *analizar/pruebas no paramétricas/una muestra*), donde observamos un p-valor de 0.182, por lo que a un nivel de significancia bilateral menor al 18.2% no se rechaza la hipótesis de normalidad.

Tabla 1. Prueba de *Kolmogorov-Smirnov* para una muestra de residuos no estandarizados.

		Residuos no estandarizados
N		192
Parámetros normales	Media	.0000000
	Desviación típica	2.02109430
Diferencias más extremas	Absoluta	.079
	Positiva	.056
	Negativa	-.079
Sig. asintótica (bilateral)		.182

ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

De las secciones previas deducimos que el modelo lineal es factible, por lo que se procede a estimar los parámetros. Para una cantidad grande de datos la

Claudio Alfredo López Miranda et al.: UNISON / EPISTEMUS 17 / Año 8/ 2014/ pág.: 63-69

estimación de los parámetros se realiza mediante un paquete de cómputo estadístico, por ejemplo, *Excel, SPSS, R, Matlab,* o *Calc* de *Open Office*, los cuales realizan el proceso automáticamente. La ecuación estimada de la recta resultó:

$$\hat{y}=0.10095x+318.82 \qquad (2)$$

Lo anterior nos dice que al inicio de las mediciones (tiempo $x=0$) la densidad de CO_2 se estima alrededor de $\hat{\beta}_0=318.82$ ppm; mientras que la pendiente positiva de la recta nos indica que la concentración estuvo creciendo aproximadamente (estimación) a $\hat{\beta}_1=0.1$ ppm por mes. No esperamos que la concentración siempre suba 0.1 ppm cada mes, en ocasiones estará por debajo de su valor esperado debido a la oscilación. Lo que estamos estimando con esta RL es la tendencia, la cual tiene sentido a grandes intervalos de tiempo. Dicho de otra forma, vemos que la serie de datos oscila alrededor de una media; y lo que la regresión lineal nos dice es cómo crece esta media.

La estimación de los parámetros del modelo de regresión y de otros valores de interés, se realiza a través de un conjunto típico de estadísticas, las cuales se resumen a continuación para referencias posteriores, entre ellas están $\bar{x}=95.5$; $\bar{y}=328.464$, la suma de los cuadrados (S_{xx} y S_{xy}) y la suma de productos Sxy:

$$\sum xy=6{,}082{,}256;\ S_{xx}=589{,}808;\ S_{yy}=679.191;S_{xy}=59{,}540.86 \quad (3)$$

Donde:

$$S_{xx}=\sum(x-\bar{x})^2\,;S_{yy}=\sum(y-\bar{y})^2 \text{ y } S_{xy}=\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y}) \quad (4)$$

Para propósitos didácticos, a continuación mostraremos las fórmulas para obtener las cantidades de interés. Estas fórmulas se pueden consultar en cualquier libro de estadística como el de Devore [5, p.456] o el de Draper [3, pp. 23-33].

Comenzamos calculando $\hat{\beta}_1$ que representa la pendiente estimada de la recta, es decir, la razón de cambio mensual de CO_2; y $\hat{\beta}_0$ su ordenada en el origen que estima la concentración inicial de CO_2:

$$\hat{\beta}_1=\frac{S_{xy}}{S_{xx}}=0.10095;\ \ \hat{\beta}_0=\bar{y}-\hat{\beta}_1\bar{x}=318.8233 \qquad (5)$$

Con estos valores se obtiene la ecuación de la recta $\hat{y}=\hat{\beta}_0+\hat{\beta}_1 x$. Así, y representará la concentración observada real mientras $\hat{y}$ será la concentración ajustada o pronosticada; recordando que a la diferencia entre ellas se le conoce como el residuo o error de estimación, denotado por $(y-\hat{y})$, el cual es muy importante ya que se utiliza para estimar el error de estimación y para el análisis residual anterior. Elevando al cuadrado los residuos y sumándolos obtenemos la suma de cuadrados del error (SCE), tal que $SCE=777.9412$. Con esta SCE se obtiene $\hat{\sigma}^2$ en (6), que representa una estimación de la varianza del "*error de estimación*" y que se denota por s^2:

$$\hat{\sigma}^2=s^2=\frac{SCE}{n-2}=4.106321 \qquad (6)$$

Nota: Cuando se utiliza un paquete de cómputo, debemos especificar si la constante β_0 tiene significado práctico, ya que de ello depende con que fórmula se estima el parámetro β_1. Se recomienda tener cuidado con su elección, nosotros supusimos $\beta_0\neq 0$.

COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN

El coeficiente de determinación R^2 es utilizado para medir que tanta variación de la concentración de CO_2 es explicada por el modelo de regresión, es decir que tanto de la variación se atribuye al crecimiento lineal (y no al error aleatorio en cada medición, ya que dicho error hace que varíe por sí misma la concentración). Para calcular R^2 definimos la suma total de los cuadrados de Y como:

$$STC=S_{yy}=\sum(y-\bar{y})^2=6{,}791.191, \qquad (7)$$

y obtenemos (tal como lo utiliza Devore [5, p. 463]),

$$R^2=\frac{STC-SCE}{STC}=1-\frac{SCE}{STC}=0.885448\,. \qquad (8)$$

Se observa en (8) que el numerador representa la diferencia entre la desviación total y la desviación del error, por lo que en realidad este numerador representa la desviación atribuida a la regresión, lo que nos indica que el 88.54% de la variación encontrada en la concentración de CO_2 es explicada por el modelo de regresión. Esto se corrobora con el coeficiente de correlación $r=\sqrt{R^2}=0.94098$, que mide el grado de dependencia lineal entre el tiempo X y la concentración de CO_2 Y. Vemos una dependencia lineal positiva muy fuerte al quedar r próximo a uno.

ANÁLISIS DE LA PENDIENTE ESTIMADA

Una vez analizada la variabilidad y dependencia lineal, así como la estimación de la pendiente de la recta, es necesario discutir la precisión de $\hat{\beta}_1$ como estimación puntual de dicha pendiente y dar un intervalo de confianza. Recordemos que $\hat{\beta}_1$ es una variable aleatoria ya que depende de la muestra. Por lo tanto, además de la estimación puntual es necesario estimar su variabilidad esperada $\sigma_{\hat{\beta}_1}$, así como un intervalo de confianza para inferir el rango de valores en el que se espera la tasa mensual de CO_2.

La desviación estándar estimada $s_{\hat{\beta}_1}$ y su coeficiente de variación $CV_{\hat{\beta}_1}$, ver Jay L. Devore [5, p.470] son:

$$s_{\hat{\beta}_1}\equiv\frac{s}{\sqrt{S_{xx}}}=0.002639, \qquad (9)$$

$$CV_{\hat{\beta}_1}\equiv\frac{s_{\hat{\beta}_1}}{\hat{\beta}_1}=\frac{0.002639}{0.10095}x100=2.6\%. \qquad (10)$$

De donde observamos una desviación estándar y un



coeficiente de variación bastante pequeño, indicando que la estimación es de muy buena precisión.

En cuanto a la distribución de $\hat{\beta}_1$ como variable aleatoria, sabemos que $\hat{\beta}_1$ es un estimador insesgado (*i.e.*, $E(\hat{\beta}_1) = \beta_1$) con distribución normal; por lo tanto, al tener una desviación estándar desconocida, usamos el estadístico T a continuación (11), el cual tiene una distribución t con $n-2$ grados de libertad, esto se debe a que $n-2$ es el divisor de s^2 en (6), y representa el número de grados de libertad asociado con la estimación (o la suma de cuadrados del error). Como lo explica Devore [5, p. 461], para obtener s^2 primero se deben estimar los parámetros β_0 y β_1, lo que hace que se pierdan 2 grados de libertad. Para más detalles ver las exposiciones de Devore [5, pp. 468-482], y Daper y Smith [3, pp.35-38].

$$T = \frac{\hat{\beta}_1 - \beta_1}{S_{\hat{\beta}_1}} \qquad (11)$$

A partir de este estadístico el intervalo de confianza para β_1 es

$$\hat{\beta}_1 \pm t_{\alpha/2,n-2} \cdot s_{\hat{\beta}_1}. \qquad (12)$$

Sustituyendo valores obtenemos el intervalo bastante angosto [0.0958, 0.1061], lo cual indica que estimamos a β_1 con precisión y buen nivel de confianza del 95%.

PRUEBA DE HIPÓTESIS DE UTILIDAD DEL MODELO

Después de estudiar la precisión en la estimación, haremos un análisis inferencial respecto a la pendiente β_1 a través de su valor estimado $\hat{\beta}_1$, lo que algunos conocen como prueba de utilidad del modelo. Esta prueba consiste en establecer como hipótesis nula $H_0: \beta_1 = 0$ y como alternativa $H_a: \beta_1 \neq 0$ como lo explica Devore [5, p. 474], en otras palabras, proponer $\beta_1 \neq 0$ demuestra que la pendiente es significativa en el modelo, y por tanto, la variable predictora X debe incluirse. Si H_0 es cierta, el estadístico de prueba de (11) resulta $t = \hat{\beta}_1 / s_{\hat{\beta}_1}$. Con n=192 este estadístico resulta $t = 38.25$ y el valor crítico de la región de rechazo está dado por $\pm t_{\alpha/2,n-2} \approx \pm z_{0.025} = \pm 1.96$. El estadístico está muy alejado del valor crítico, por lo tanto, con 95% de confianza rechazamos contundentemente H_0 y concluimos que nuestro modelo de regresión tiene pendiente significativamente distinta de cero, por lo que se dice que el modelo lineal es útil y adecuado. Aunque en nuestro caso de estudio la relación lineal es evidente (Figura 2), esta prueba se debe realizar en muchas aplicaciones para confirmar o rechazar la utilidad del modelo lineal. Es importante mencionar que para fines prácticos el no rechazar H_0 quiere decir que la relación lineal será significativa, aun cuando pudiera no existir necesariamente una condición de causalidad, como por ejemplo cuando una variable oculta correlaciona a dos variables entre sí.

PRONÓSTICO DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO DE CO_2 Y VALORES *Y*

El análisis estadístico de las secciones anteriores nos permite confirmar en primer lugar que el modelo lineal es adecuado, que el modelo explica gran porcentaje de la variabilidad de CO_2 y que además conocemos el error de estimación, por lo tanto, aplicaremos el modelo como herramienta confiable de pronóstico. Lo que haremos es fijar un tiempo determinado x^* y calcular el ajuste $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x^*$, el cual puede ser considerado como una estimación puntual de la concentración promedio esperada en ese momento, es decir $E(Y/x^*)$, o como una predicción individual y de la concentración de CO_2 que resultará de una observación puntual en el tiempo $x = x^*$. Las dos afirmaciones anteriores se justifican mediante el siguiente cálculo:

$$E(Y/x^*) = E(\beta_0 + \beta_1 x^* + \epsilon) = \beta_0 + \beta_1 x^* + E(\epsilon) = \beta_0 + \beta_1 x^*, \quad (13)$$

ya que se supone que el error aleatorio ϵ tiene valor esperado igual a cero, además de varianza constante σ^2. Por lo tanto, una estimación natural de $E(Y/x^*)$ sería $\hat{E}(Y/x^*) = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x^* = \hat{y}$, que como se ve en el lado derecho es en sí misma es una estimación de y. Entonces, si tratamos a $\hat{y}$ como variable aleatoria (pues depende de $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$), sabemos que hereda la distribución normal (al ser $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ vv.aa. normales), de acuerdo a Devore [5, p. 469], cuyo valor esperado es $E(\hat{Y}) = \beta_0 + \beta_1 x^*$; por tanto es un estimador insesgado de $E(Y/x^*)$, tal que su varianza resulta, para los detalles ver el desarrollo presentado por Devore [5, p. 478].

$$V(\hat{Y}) = \sigma^2 \left[\frac{1}{n} + \frac{(x^* - \bar{x})^2}{S_{xx}} \right]. \qquad (14)$$

La raíz cuadrada de (14) arroja la desviación estándar de $\hat{Y}$, sin embargo, al sustituir σ^2 por s^2 lo que obtendremos es su estimación denotada por $s_{\hat{Y}}$:

$$s_{\hat{Y}} = s \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x^* - \bar{x})^2}{S_{xx}}}. \qquad (15)$$

La desviación estándar estimada $s_{\hat{Y}}$ se utiliza para construir los intervalos de confianza y de predicción. Por

ejemplo, el *intervalo de confianza* para el valor esperado $E(Y/x^*)$ de la concentración de CO_2 cuando $x = x^*$ se estima como lo presenta Devore [5, p. 479]:

$$\hat{y} \pm t_{\alpha/2,n-2} \cdot s_{\hat{Y}}, \qquad (16)$$

el cual está basado en el siguiente estadístico presentado por Devore [5, p. 478] que tiene distribución t con $n-2$ grados de libertad:

$$T = \frac{\hat{Y} - E(\hat{Y})}{S_{\hat{Y}}}. \qquad (17)$$

Por otra parte, para calcular un *Intervalo de predicción* para una observación y futura de la concentración de CO_2 cuando $x = x^*$ tenemos la ecuación:

$$\hat{y} \pm t_{\alpha/2,n-2} \cdot \sqrt{s^2 + s_{\hat{Y}}^2}, \qquad (18)$$

el cual está basado en el siguiente estadístico que también tiene una distribución t con $n-2$ grados de libertad, revisar Devore [5, p. 482]:

$$T = \frac{Y - (\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x^*)}{\sqrt{s^2 + s_{\hat{Y}}^2}}. \qquad (19)$$

En la figura 4 aparecen los intervalos de confianza para la concentración promedio esperada y un valor de predicción y. Observe que el intervalo de confianza para la concentración promedio esperada es mucho más estrecho que el intervalo de confianza para la predicción de observaciones, ya que a medida que el valor x se acerca al promedio de los datos ($\bar{x}$) la desviación del estadístico utilizado es menor (15).

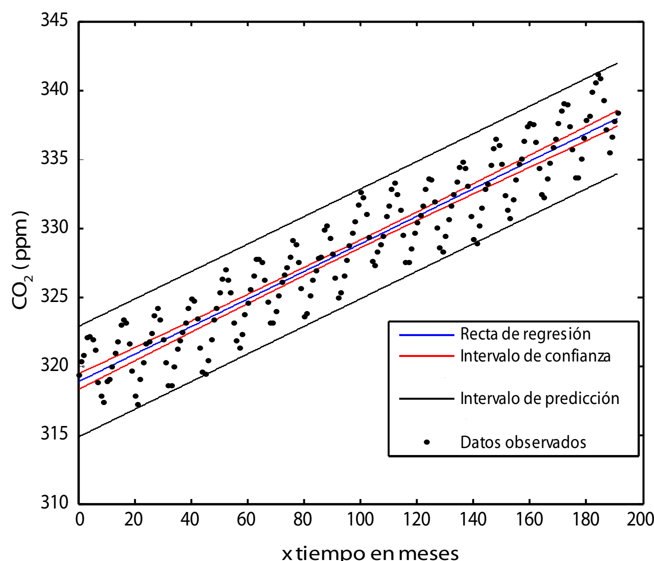


Figura 5. Comparación de intervalos de confianza para $E(Y/x^*)$ e intervalo de predicción y.

La figura 5 nos permite comparar el comportamiento de los intervalos de confianza en los distintos tiempos x's. Vemos que a medida que el tiempo se aleja del centro, ambos intervalos se expanden, siendo el intervalo de confianza para el promedio mucho más estrecho que el de predicción, tal como se dijo previamente. Las longitudes mínimas y máximas de los intervalos de confianza y de predicción resultaron respectivamente 0.5733, 1.1356, 7.9642 y 8.0243, las cuales se incluyeron en este análisis.

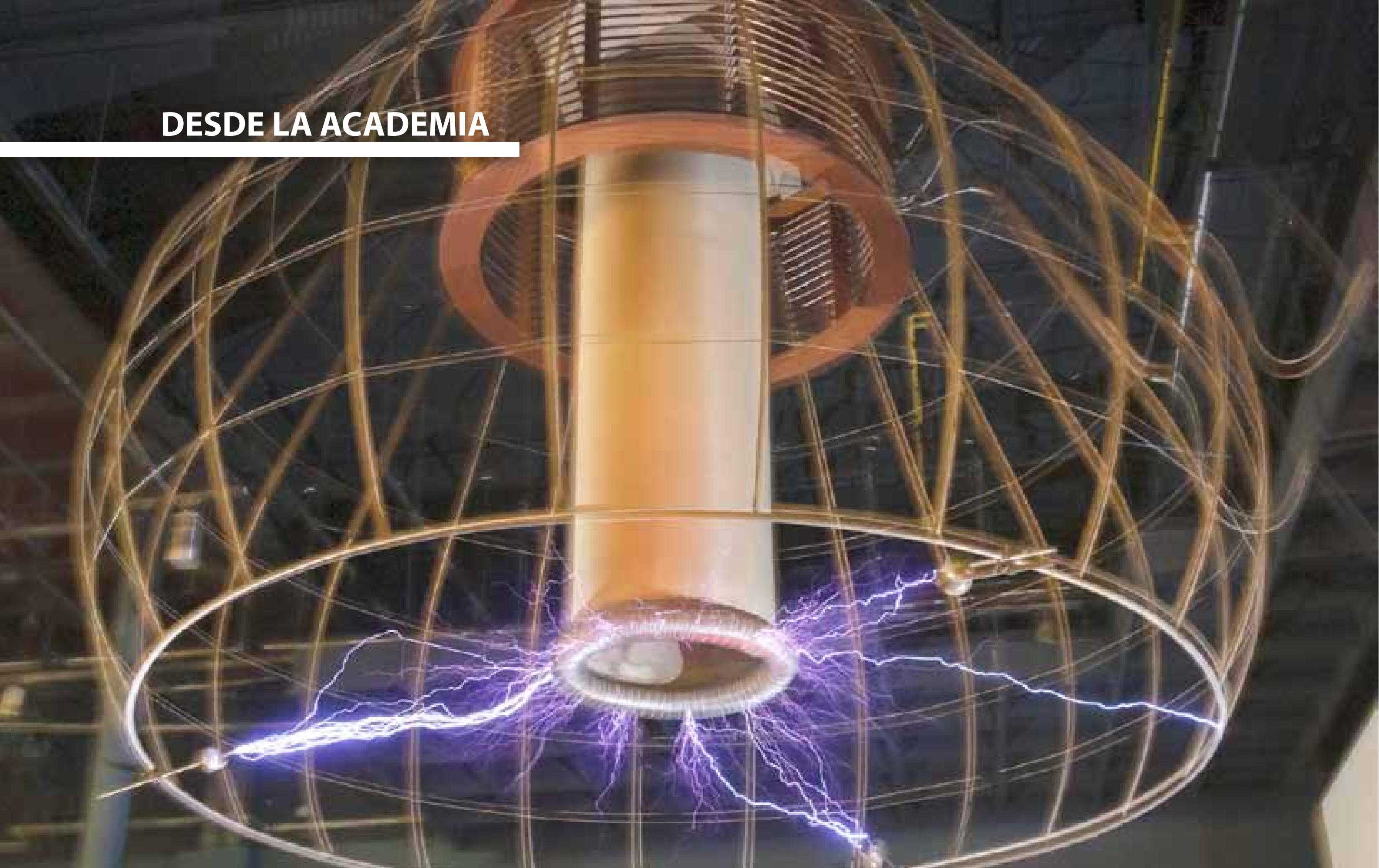
CONCLUSIONES

Este trabajo presentó una aplicación de los modelos de regresión lineal para estimar y pronosticar la tendencia de la concentración de CO2 emitida por el volcán Mauna Loa con respecto al tiempo. Se mostró que la técnica de regresión es útil y adecuada como modelo pronosticador. Además, se presentó el error de estimación y se analizó el comportamiento de un intervalo de confianza para la concentración promedio de CO2 y de un valor de predicción en cualquier momento. El trabajo fue presentado de manera didáctica para estudiantes de ciencias exactas y naturales, como prototipo de artículo de investigación donde se aplique el modelo de regresión lineal simple, aunque también puede servir para orientar a estudiantes de algunas áreas donde se enseñen tanto la parte descriptiva como de inferencia de este modelo de regresión.

BIBLIOGRAFÍA

1) F. Galton, «Regression towards mediocrity in hereditary stature,» *Anthropological Miscellanea*, 1889.
2) J. Lattin, J. D. Carroll, P. E. Green, «Analyzing Multivariate Data,» Belmont, CA: Duxbury Applied Series, 2002.
3) N. R. Draper, H. Smith, «Applied Regression Analysis,» New York: 3rd Ed., Wiley, 1998.
4) C. Pérez, «Técnicas de Análisis de Datos con SPSS,» Madrid: Pearson Prentice Hall, 2009.
5) J. L. Devore, «Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias,» México: Séptima Edición, Cengage Learning, 2008.





BOBINA DE THOMSON

* HORACIO MUNGUÍA AGUILAR, RIGOBERTO FRANCO MALDONADO

RESUMEN

Uno de los instrumentos más didácticos en la enseñanza de las leyes del electromagnetismo es la denominada Bobina de Thomson. Con ella se pueden realizar diferentes experimentos sobre las leyes de Ampere y Faraday. En el presente trabajo se muestra su funcionamiento, se explica el mecanismo de levitación del anillo de inducción, se presenta los detalles de un modelo construido y se mencionan otros experimentos que enriquecen su funcionalidad.

M.C. HORACIO MUNGUÍA AGUILAR
Departamento de Física, Universidad de Sonora
Correo: hmunguia@correo.fisica.uson.mx
T.S.U. RIGOBERTO FRANCO MALDONADO
Departamento de Física, Universidad de Sonora
Correo: rfrancom@correo.fisica.uson.mx

*Autor para correspondencia: Horacio Munguia Aguilar
Correo electrónico: hmunguia@correo.fisica.uson
Recibido: 28 de agosto de 2014
Aceptado: 08 de octubre de 2014
ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

La Bobina de Thomson es una bobina eléctrica inventada por el ingeniero inglés Elihu Thomson en el año de 1887 con fines esencialmente demostrativos. Se trata de un devanado cilíndrico de alambre conductor con un núcleo ferromagnético que le sobresale formando un solenoide de alta inductancia tal y como se aprecia en el esquema de la figura 1. Típicamente se la aplica corriente alterna con el fin de generar campos magnéticos variables en su vecindad. Su aplicación más popular, consiste en la introducción de un pequeño aro de aluminio en la parte sobresaliente del núcleo. La interacción de los campos magnéticos generados e inducidos hace que el aro levite (Figura 2).

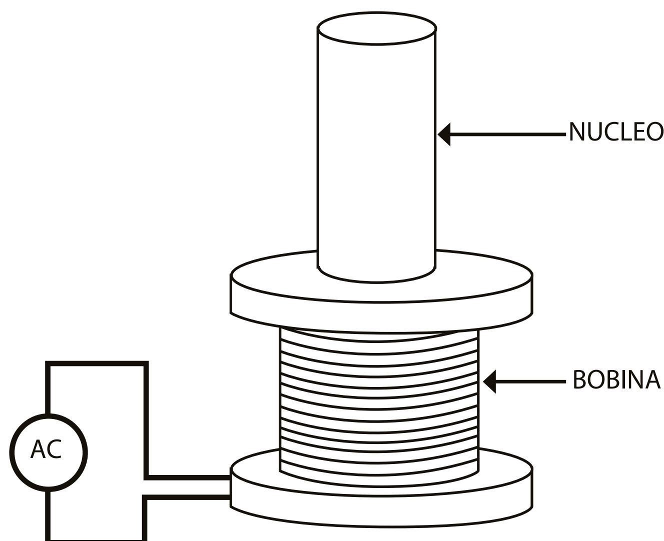


Figura 1. Bobina de Thomson clásica.

EL ANILLO LEVITADOR

En esta demostración se emplea un aro de aluminio que se inserta en la parte superior del núcleo y que se suspende libre al llegar a cierta altura. Si la corriente en la bobina es aplicada en forma repentina el aro saltará si parte del reposo. En la figura 2 se muestra una bobina con el aro levitando.



Figura 2. Aro levitador en la Bobina de Thomson.

La explicación tradicional del fenómeno de levitación del aro es la siguiente: la corriente eléctrica variable en la bobina genera un campo magnético variable (Ley de Ampere) especialmente intenso en el núcleo y sus inmediaciones, en donde se encuentra el aro. Este campo



genera en el anillo una corriente (Ley de Faraday) porque en su interior se tiene un flujo magnético cambiante. Esta corriente produce a su vez un campo magnético variable que se opone en todo momento al campo original (Ley de Lenz). Estas fuerzas en oposición producen la levitación del aro si son lo suficientemente intensas para contrarrestar el peso del anillo. Es decir, se tiene que aplicar una corriente mínima para producir la fuerza necesaria para vencer el peso del anillo y hacerlo "flotar". Después de varios segundos de estar levitando la temperatura del aro se incrementa en forma notable como consecuencia de la gran corriente inducida.

Esta explicación ([1], [2], [3]) es en general correcta, pero oculta un detalle técnico importante: las fuerzas generadas por los campos magnéticos varían al ritmo de la frecuencia de la corriente que es, típicamente, de 60 Hz (la frecuencia de la red). Por lo tanto, su efecto sobre el aro es periódico y habrá que considerar entonces valores promedio. El siguiente es un análisis simplificado pero formal sobre el accionar de estas fuerzas.

Partimos de las siguientes hipótesis:

El campo magnético en cualquier punto en la vecindad de la bobina es proporcional a la corriente en cualquier instante (Ley de Ampere).

El campo magnético en la vecindad del anillo tiene una componente axial y otra componente radial según se aprecia por las líneas curvadas del campo de la figura 3.

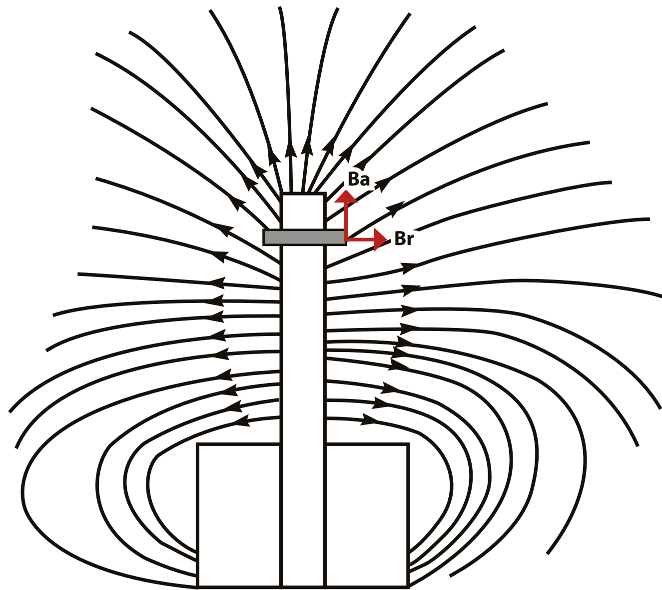


Figura 3. Líneas de campo en la Bobina de Thomson mostrando las componentes axial B_a y radial B_r.

Distinguimos tres pasos en este análisis: 1° cálculo de la fuerza electromotriz (FEM) inducida en el aro empleando la Ley de Faraday; 2° determinación de la corriente en el aro; y 3° el cálculo de la fuerza de Laplace sobre el aro.

Supongamos que la corriente en la bobina i(t) es senoidal de amplitud I_0 y frecuencia ω, es decir:

$$i(t)=I_0 \sin \omega t \tag{1}$$

La componente axial del campo magnético dentro del anillo también será senoidal con amplitud B_A y frecuencia ω:

$$B_a(t) = B_A \sin \omega t \tag{2}$$

La componente radial del campo magnético también será senoidal con amplitud B_r y frecuencia ω:

$$B_r(t) = B_r \sin \omega t \tag{3}$$

De acuerdo a la ley de inducción de Faraday sólo la componente axial será capaz de inducir una FEM en el aro puesto que la componente radial no contribuye al flujo magnético. Si el anillo tiene un área A, el flujo magnético que lo atraviesa será:

$$\emptyset = AB_A \sin \omega t \tag{4}$$

Ésta es una aproximación puesto que el campo no es realmente constante en toda el área del aro, pero para nuestros propósitos es adecuada la suposición.

La fuerza electromotriz inducida en el aro será, de acuerdo a la Ley de Faraday:

$$V = -\frac{d\varphi}{dt} = -AB_A\omega \cos \omega t \tag{5}$$

Éste sería el potencial medido en los extremos del aro si estuviera abierto (circuito abierto). Para un aro cerrado con una impedancia eléctrica total Z=R+jωL se puede demostrar [4] que la corriente será:

$$i(t) = \frac{AB_A\omega}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cos(\omega t + \theta) \tag{6}$$

En donde R es la resistencia del aro, L es su inductancia y $\theta = \tan^{-1}(\omega L/R)$. Es importante resaltar el hecho de que el desfase θ en esta corriente se debe a la inductancia L del aro. Con inductancia cero no habría desfase.

Debido a esta corriente se producen fuerzas de Laplace [5] sobre el aro de acuerdo a la relación:

$$\vec{F} = \oint i(d\vec{l} X \vec{B}) \tag{7}$$

En donde la integral se realiza en todo lo largo del aro.

Al observar la figura 4 se aprecia que las fuerzas producidas por la componente axial del campo se anulan entre sí (F_r), pero las fuerzas debido a la componente radial del campo B producen valores netos verticales (F_a) sobre el aro, hacia arriba y luego hacia abajo según cambia la dirección de la corriente en el aro.

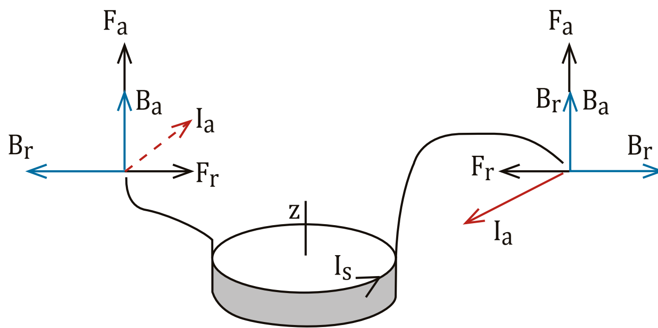


Figura 4. Fuerzas generadas por la componente axial y radial del campo.

El resultado de la integración de (7) considerando la componente radial del campo magnético da la siguiente amplitud para la fuerza vertical F_a:

$$F = 2\pi r B_r(t) i(t) \quad (8)$$

Al combinar con (3) y (6) se llega a:

$$F = \frac{2\pi A B_A B_r \omega r}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin \omega t \cos(\omega t + \theta) \quad (9)$$

Que se puede expresar como:

$$F = \frac{\pi A B_A B_r \omega r \cos\theta}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \sin 2\omega t - \frac{2\pi A B_A B_r \omega r \sin\theta}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} (\sin \omega t)^2 \quad (10)$$

Ésta es una fuerza homogénea sobre el aro que oscila hacia arriba y hacia abajo. Su promedio sería cero si no fuera por el segundo término. Esto quiere decir que sin el desfase θ de la corriente, el aro no levitaría, pues estaría sometido sólo a una vibración vertical del doble de la frecuencia de la corriente. En otras palabras, sin el efecto inductivo del aro no hay fuerza neta que produzca levitación. El valor promedio de esta fuerza es:

$$F_p = \frac{\pi^2 A B_A B_r \omega L r}{R^2 + (\omega L)^2} \quad (11)$$

Y como tanto B_A y Br son proporcionales a $\boldsymbol{I_o}$, la fuerza será proporcional al cuadrado de esta corriente, es decir:

$$F_p = \frac{\pi^2 A K I_0^2 \omega L r}{R^2 + (\omega L)^2} \quad (12)$$

En donde K es una constante que depende del voltaje aplicado a la bobina y de sus características: dimensiones, número de vueltas, tipo de núcleo y calibre de su alambre.

Resumiendo lo anterior tenemos:

La componente axial del campo magnético es la responsable de la corriente en el aro.

La componente radial del campo magnético es la responsable de la fuerza sobre el aro.

Si se tiene desfase entre el voltaje y la corriente del aro, se observa una fuerza neta que empuja al aro hacia arriba.

Siempre habrá una componente oscilatoria del doble de la frecuencia del voltaje aplicado.

OTRAS DEMOSTRACIONES CON LA BOBINA

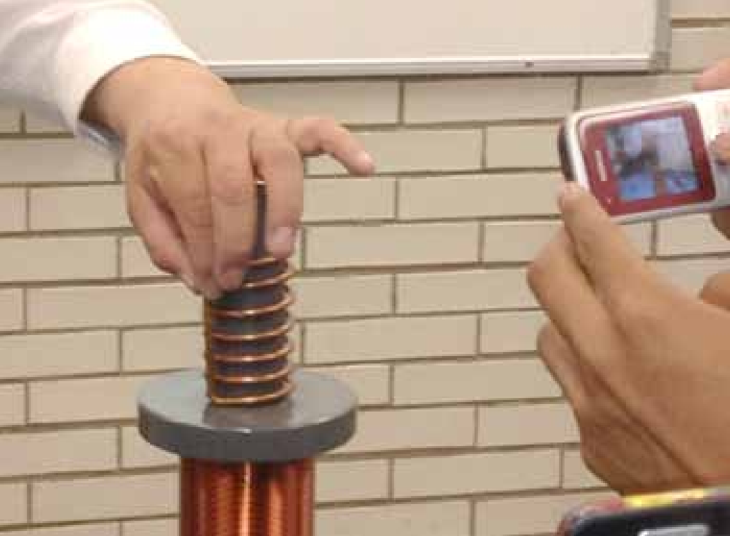
Además del aro levitador y del transformador simple mencionado al inicio, se pueden elaborar otras demostraciones eléctricas con la Bobina de Thomson que ilustran diferentes conceptos. Entre las demostraciones más conocidas se pueden mencionar las siguientes:

Transformador de voltaje

Una pequeña bobina con una lamparita en sus terminales se introduce en el núcleo de la bobina haciendo el papel de devanado secundario de un transformador. La lamparita se enciende por efecto del voltaje inducido (Figura 5).



Figura 5. Efecto transformador de voltaje con lamparita.



Transformador de corriente

Consiste de una bobina de pocas vueltas funcionando como secundario del transformador que permite visualizar la alta corriente inducida con el chisporroteo que se produce cuando sus extremos de se ponen en corto (Figura 6).



Figura 6. Transformador de corriente.

Otras demostraciones menos conocidas de la Bobina de Thomson ([6], [7]) son:

- Disco giratorio de inducción
- Calentador de inducción
- Motor de mercurio
- Esfera rotatoria
- Resonancia LC

CARACTERÍSTICAS DEL MODELO CONSTRUIDO

Existen muchas versiones funcionales de la Bobina de Thomson. Aquí presentamos un diseño que hemos elaborado y que resulta adecuado como modelo demostrativo en los laboratorios de electromagnetismo (Tabla 1).

Tabla 1. Características de la Bobina de Thomson construida.

Bobina	Longitud: 12.5 cm; Diámetro interno: 5.5 cm 650 vueltas de alambre #14; Inductancia sin núcleo: ~9mH
Núcleo	180 varillas de hierro de 30 cm de longitud compactadas en el interior de un tubo PVC de 3.5 cm de diámetro.
Alimentación	127v-60Hz, 6 A
Aditamentos	Bobina secundaria con lamparita, anillos levitadores de aluminio, bobina secundaria de corriente.
Peso Total	7.5 kg

CONCLUSIONES

Se ha presentado el funcionamiento de una Bobina de Thomson clásica, con una explicación simplificada pero formal del fenómeno del aro levitador. Se mencionaron diferentes demostraciones electromagnéticas que se pueden hacer con esta bobina y se presentaron los detalles del diseño de una bobina funcional construida en nuestros laboratorios.

BIBLIOGRAFÍA

1) J. H. Tjossem y V. Cornejo, «Measurements and mechanisms of Thomson's jumping ring,» Am. J. Phys., vol. 68, nº 3, pp. 238-244, 2000.
2) J. M. Bostock Smith, «The jumping ring and Lenz's law,» Physics Education, vol. 43, nº 3, pp. 265-268, 2008.
3) M. Baylie y otros, «The jumping ring experiment,» Physics Education, vol. 44, nº 1, pp. 27-32, 2009.
4) W. H. Hayt y J. E. Kemmerly, Engineering circuit analysis, Boston, Ma: McGraw-Hill College, 1993.
5) A. Serway, Física II, McGraw-Hill, 1997 4a. Edición.
6) B. Bunton, «Elihu Thomson Demonstration Apparatus,» 1998. [En línea]. Available: http://fys.kuleuven.be/pradem/PDF_files/Elihu%20Thompson%20apparatus.pdf. [Último acceso: 20 Agosto 2014].
7) P. Tanner y otros, «A pulsed jumping ring apparatus for demonstration of Lenz's law,» Am. J. Phys., vol. 69, pp. 911-914, 2001.

LA PLANEACIÓN Y CONTROL DEL COSTO DE PRODUCCIÓN EN LAS PEQUEÑAS EMPRESAS MANUFACTURERAS, COMO HERRAMIENTAS QUE FACILITEN EL CUMPLIR TIEMPOS DE ENTREGA DEL PRODUCTO TERMINADO

* JOSEFINA ANDRADE PACO, AMADO OLIVARES LEAL, MARÍA FERNANDA ROBLES MONTAÑO

La planeación como parte del proceso administrativo, permite la toma de decisiones oportunas y un control eficaz en los procesos de producción. El objetivo de este trabajo es determinar de qué forma influye la planeación y el control del costo de producción en las pequeñas empresas (PE) manufactureras, que faciliten cumplir con los tiempos de entrega del producto terminado. En esta investigación se aplicó un cuestionario a 30 PE del ramo alimentos. Los resultados obtenidos fueron: falta de conocimiento y técnicas para planear funciones de producción acorde a las ventas esperadas, no existe espacio suficiente para maniobras de producción, y falta simplificar los sistemas de producción, con tendencia a producir, cumplir con la entrega del producto terminado y venderlo a precios competitivos.

Palabras claves: *Planeación, control,producto terminado.*

DRA. JOSEFINA ANDRADE PACO
Departamento de Contabilidad,
Universidad de Sonora
Correo: jandradep@pitic.uson.mx

DR. AMADO OLIVARES LEAL
Departamento de Administración,
Universidad de Sonora
Correo: olivares@pitic.uson.mx

DRA. MARÍA F. ROBLES MONTAÑO
Departamento de Contabilidad,
Universidad de Sonora
Correo: fernanda@eca.uson.mx

*Autor para correspondencia: Josefina Andrade Paco
Correo electrónico: jandradep@pitic.uson.mx
Recibido: 18 de septiembre de 2013
Aceptado: 10 de noviembre de 2014
ISSN: 2007-4530



INTRODUCCIÓN

El proceso productivo es una formalización de procedimientos, sistemas y controles organizacionales con una combinación de los recursos materiales, físicos y humanos que se comportan de manera eficiente, encaminados al logro de los objetivos previstos. Inicia con la recepción de materiales, partes y componentes, que para garantizar su flujo continuo, deberán almacenarse en un lugar cercano al departamento de producción fluir en forma ordenada hasta llegar al almacén de productos terminados, listos para ser distribuidos a los clientes [1]. Para lograr una mayor eficiencia es necesario medir y revisar las diferentes alternativas de planeación, financieras, económicas y de control, simplificar los sistemas de producción, generar ventajas competitivas y alcanzar el crecimiento en las pequeñas empresas manufactureras.

Las pequeñas empresas (PE) tienen particular importancia para las economías nacionales, por sus aportaciones a la producción y distribución de bienes y servicios y su gran potencial como generadoras de empleos.

El estudio consistió en realizar una encuesta a 30 PE industriales del ramo de alimentos a través de la aplicación de un cuestionario como instrumento de mediación donde se consideraron 4 indicadores: planeación y control de materia prima, mano de obra, infraestructura y tiempos de entrega.

OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

Determinar de qué forma influye la planeación y el control del costo de producción en las PE manufactureras de Hermosillo, Sonora, que faciliten cumplir con los tiempos de entrega del producto terminado.

JUSTIFICACIÓN

Las PE como unidades económicas de producción, son fuentes generadoras de empleo (junto con las microempresas generan más del 80%), ayudan a evitar monopolios y fomentan la libre empresa, ya que cuentan con características especiales: tecnología relativamente sencilla, son flexibles en cuanto a oportunidades de vender a diversos volúmenes, adaptando las condiciones de su producción, son resistentes a incrementar sus costos y se adaptan fácilmente a las nuevas condiciones de mercado; llegan a mercados donde no llegarían las medianas y grandes empresas, son una fuente de innovación menos riesgosa y participan activamente en los procesos de integración para contribuir al crecimiento de las exportaciones nacionales [2]. Mediante mecanismos de colaboración y cooperación con otras firmas. Las PE pueden alcanzar volúmenes de producción que justifican y facilitan la incorporación de tecnologías más productivas, acrecientan su capacidad de negociación con proveedores y clientes y aceleran sus procesos de producción [3].

Otros aspectos que contribuyen a justificar la realización de esta investigación son que las PE manufactureras apoyan el desarrollo regional del ingreso, producen artículos de la localidad y de consumo básico, su planeación y control no requiere de mucho capital y mantienen una unidad de mando permitiendo una adecuada vinculación entre las funciones administrativas y operativas con tendencia a producir y vender productos a precios competitivos.

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

La administración como parte integral de la estructura de una organización, permite de manera eficaz y eficiente transformar los insumos en productos, en atención a las áreas básicas empresariales tales como: producción, mercado, finanzas y mano de obra, con base a la planeación, organización, integración de personal, dirección y control, teniendo como propósito el cumplir con los objetivos planeados, tomar decisiones oportunas para evitar problemas y estar preparados para aprovechar oportunidades inesperadas [4].

1. Proceso productivo y la manufactura como parte de la producción.

Anderson [1] lo define como "una formalización de procedimientos, sistemas y controles organizacionales, con una combinación de los recursos materiales, físicos y humanos, que se comportan de manera eficiente, encaminados al logro de los objetivos previstos. Inicia con la recepción de materiales, partes, componentes y para garantizar su flujo continuo, deberán almacenarse en el lugar cercano al departamento de producción y pueda fluir en forma ordenada hasta llegar al almacén de productos terminados, listos para ser distribuidos a los clientes". Para lograr una mayor eficiencia en los procesos es necesario medir y revisar las diferentes alternativas de planeación, financieras, económicas y de control, simplificar los sistemas de producción, generar ventajas competitivas y alcanzar el crecimiento en las PE manufactureras.

Polimeni [5] señala que el costo de manufactura o de producción "se relaciona con la fabricación de un producto, es el valor sacrificado realizado para adquirir bienes y servicios. Forma especial de producción de bienes, mediante la cual participa un conjunto de insumos los cuales son procesados y convertidos en producto terminado".

2. Costo de producción y sus elementos.

Anderson [1] lo define como "todos los costos de producción en que se incurren hasta lograr que los artículos manufacturados estén listos para su venta, los cuales deberán ser elaborados a través de los elementos tales como: materias primas, costo de mano de mano y gastos de fabricación y los recursos físicos e infraestructura, los cuales van a participar en la transformación de los mismos, hasta lograr productos o bienes terminados listos para su consumo".

a) **Materia prima directa.** Elemento indispensable en todo el proceso de producción, la cual es procesada y

Josefina Andrade Paco et al.: UNISON / EPISTEMUS 17 / Año 8/ 2014/ pág.: 75-80

convertida en producto terminado, ya sea agregando o modificado sus cualidades físicas o químicas durante el proceso. Este elemento debe estar listo en el momento en que se requiera, siendo un factor del cual depende si se entrega o no en tiempo el producto terminado. Dentro de la planeación y control de las materias primas es importante conocer la cantidad que se tiene presupuestada vender en un período determinado.

b) **Mano de obra.** Se refiere a las personas que forman parte del proceso productivo, que con esfuerzo y trabajo trasforman los materiales directos y lograr el producto terminado. Planear la mano de obra para producción significa definir las características del trabajo que se va a desempeñar, ya sea mediante la capacitación, programas de producción y el pago de incentivos al personal como motivación.

c) **Recursos físicos e infraestructura.** Comprende el lugar de trabajo, el almacén de materias primas, maquinaria necesaria para trabajar, medidas de seguridad necesarias en el lugar de trabajo y las herramientas indispensables para realizarlo.

3. Planeación de la producción.

La planeación, como parte del proceso administrativo, es la formulación de objetivos acordes a la administración de la organización y sus programas para el logro de sus metas [5]. Es un proceso que señala anticipadamente cada acción o actividad que se debe realizar, considerando 4 áreas básicas de toda empresa:

Planeación de producción. Predecir con exactitud cuándo, dónde y en qué momento se van a realizar las actividades de producción, con el fin de cumplir con los pedidos de clientes y tiempos de entrega.

Planeación de mercados. Verificar que el volumen de producción esté acorde a las ventas, cubrir los pedidos y requisiciones de clientes, su distribución y la aceptación del mercado consumidor.

Planeación de finanzas. Planear los recursos financieros y medir la relación entre el nivel de producción y el efectivo disponible, ya que cuanto más elevada es la producción, mayor es la necesidad de invertir en circulante para sustentar la producción y las ventas.

Planeación de mano de obra. Determinar la cantidad de empleados que necesita la empresa, el pago de salarios, supervisión, sistema de incentivos y capacitación de quienes laboran en la misma y contar con el personal calificado en los procesos productivos.

El enfoque de planeación de los insumos de producción en las PE deberá estar orientado a corto plazo con la finalidad de generar oportunidades y obtener ventajas competitivas que les permitan ampliar su mercado y cumplir en tiempo y forma los pedidos del cliente.

4. El control e interrelación control-producción.

Bateman (2001) define el control como “cualquier proceso que dirige las actividades de las personas hacia el logro de las metas”. El criterio de la eficacia de un sistema de control es hasta qué punto resulta útil para facilitar el logro de los objetivos.

Para el logro de un control eficaz en los procesos de producción, es necesaria la interrelación control-producción, considerando los siguientes conceptos:

- *Control de cantidad*. Relacionado con la cantidad de productos que se elaboran para satisfacer la demanda de mercado, evaluando de una manera eficiente dichas cantidades para detectar las variaciones de volumen entre lo real y lo planeado.
- *Control de calidad*. Proceso que se realiza en forma continua o periódica con el fin de conocer si el producto cumple con los estándares considerados como óptimos. En una PE manufacturera este control no se le asigna específicamente a una persona, sino que se realiza junto con otras actividades.
- *Control del uso del tiempo*. Concluir los productos dentro de los períodos especificados y garantizar que se despachen en tiempo y forma.
- *Control de costos.* Verificar si los costos por insumos que participan en la producción están dentro de lo planeado. El pequeño empresario debe ejercer este tipo de control para que la empresa tenga el cuidado adecuado del manejo contable y financiero.
- *Control de inventarios.* Tener en el almacén los materiales en cantidades necesarias, en el momento y en el lugar correspondiente. Es importante no tener inventario inmovilizado y mantener el necesario para cumplir con los tiempos de entrega a los clientes. Un buen control de inventarios ayuda a reducir los retrasos en la producción y evita su agotamiento.

El control en las PE manufactureras constituye un eslabón final de la cadena funcional de las actividades productivas, ya que permite planear las futuras acciones que deberán emprenderse, ayudas al dueño localizar con rapidez áreas de peligro, provee información y retroalimentación sobre los planes establecidos y garantiza que estos se cumplan.

5. Tiempos de entrega.

Las PE manufactureras deberán revisar continuamente los pedidos de clientes y planear los insumos de producción de manera periódica, con el fin de protegerse contra el crecimiento inesperado de pedidos tener materias primas de seguridad en función de sus capacidades de infraestructura y de control en los procesos de producción en cuanto a evaluar las acciones que ésta conlleva, lograr un alto nivel de servicio y poder cumplir con tiempos de entrega del producto terminado.

La mejor forma de cumplir con los tiempos de entrega del producto es monitorear los pedidos de los clientes desde su fecha de inicio de un período hasta su entrega, tener como soporte productos en exceso como una protección, cumplir con los plazos de entrega y evitar futuros incrementos inesperados en el costo de producción.

Asimismo, las PE manufactureras deberán contar con las materias primas como inventario de seguridad en función de sus capacidades de infraestructura y de control en los procesos de producción, y así poder lograr un alto nivel de servicio y entrega del producto terminado.

6. La importancia de las PE en Sonora.

Las pequeñas empresas tienen particular importancia para las economías nacionales, por sus aportaciones a la producción y distribución de bienes y servicios y su gran potencial como generadores de empleos. De acuerdo al Censo Económico del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática [6] existen 9,760 empresas manufactureras ubicadas en el estado de Sonora, donde el 91.2% son microempresas y el 5.3% son pequeñas empresas con una ocupación de mano de obra del 6.6%. Este núcleo económico y social está formado por la más amplia gama de giros productivos, comercializadores y de servicios y en gran medida los empresarios son personas que realizan actividades económicas a nivel de subsistencia, que se caracterizan por integrar empresas eminentemente familiares, producto de la necesidad más que de un esfuerzo planeado, presentando problemas para su desarrollo y posicionamiento. Representan un excelente medio para impulsar el desarrollo económico y una mejor distribución de la riqueza. Sin embargo, tienen algunas dificultades en virtud de su tamaño: acceso restringido a las fuentes de financiamiento, bajos niveles de capacitación de su recurso humano, limitados niveles de innovación y desarrollo tecnológico, baja penetración en mercados internacionales, poca capacidad de asociación administrativa y bajos niveles de productividad.

7. Factores que debe tener en cuenta las PE manufactureras para llevar a cabo la planeación.

Dentro de los principales factores a considerar para llevar a cabo una buena planeación en las PE manufactureras son los siguientes:

a) Económicos, sociales, políticos y tecnológicos como parte del medio ambiente externo.
b) Leyes y regulaciones La PE manufacturera tendrá que sujetarse a las normas o condiciones impuestas por el gobierno, por ejemplo restricciones en el precio de algunos productos.
c) Competencia y proveedores en cuanto a precios y políticas de pago.
d) Ambiente de trabajo, buenas relaciones entre los proveedores y consumidor, y la localización de la empresa, como parte del ambiente interno.
e) Eliminar causas que dificulten su crecimiento tales como: conflictos entre personal de producción, familiares, diferencias entre personal y la falta de una buena comunicación.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es esencialmente exploratoria, apoyada a través de la aplicación de un cuestionario como instrumento de medición y se consideraron 4 indicadores: planeación y control de materia prima, mano de obra, infraestructura y tiempos de entrega.

La selección de la muestra se realizó a través de un muestreo aleatorio simple, seleccionado a 30 empresas, del ramo alimentos.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados más relevantes de la encuesta aplicada, por cada una de las variables, son los siguientes:

Planeación y control de los materiales utilizados en producción. De las 30 pequeñas empresas encuestadas, 50% de ellas nunca llevan a cabo una planeación de las materias primas que se utilizaran en producción, el 30% lo hace casi siempre y el 20% de manera frecuente (Figura 1).

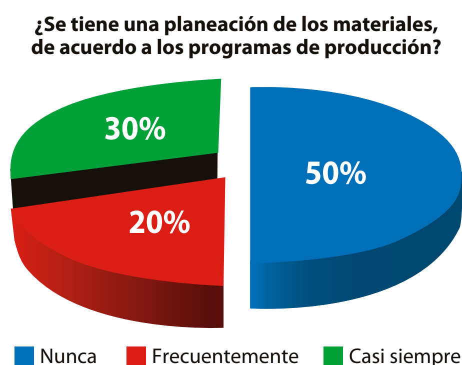


Figura 1. Planeación de materiales según programa de producción.

Con relación a que el volumen de producción esté acorde a las ventas programadas, el 80% de las empresas encuestadas señalan que nunca verifican que los volúmenes de producción estén acordes a las ventas programadas en un determinado periodo el 15% hace la programación de manera frecuente y en algunos casos se hace en base al criterio del dueño (Figura 2).

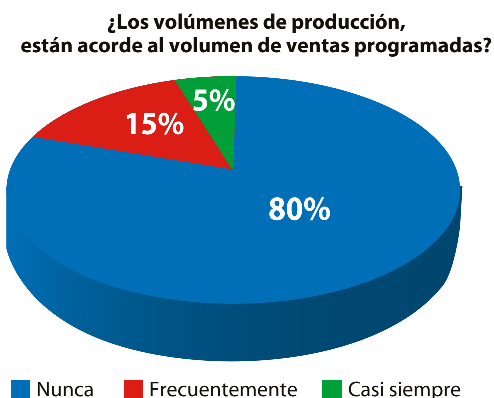


Figura 2. Volumen de producción acorde a las ventas programadas.

Con base en los resultados anteriores, el pequeño empresario industrial se preocupa por su empresa, aunque muestre fallas en su actuación debido fundamentalmente a la falta de conocimientos y técnicas de administración adecuadas para planear las funciones de producción acorde a las ventas esperadas y poder cumplir con los tiempos de entrega del producto.

Planeación de mano de obra. De las 30 empresas encuestadas, el 50% de éstas no tiene establecido un plan de incentivo al personal de producción, la supervisión en producción es escasa, ya que solo el 30% lo hace y el 20% lo hace de manera frecuente (Figura 3).

¿Se tiene establecido un sistema de incentivos como motivación al recurso humano de producción?

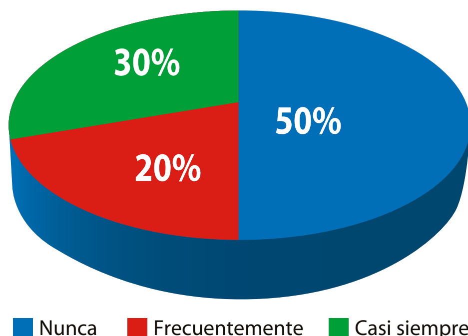


Figura 3. Sistema de incentivos..

En relación a la supervisión del recurso humano, de las empresas encuestadas únicamente el 30% lo hace, otro 30% se supervisa de manera frecuente y el 40% de las empresas no llevan a cabo una supervisión de la mano de obra que labora en producción (Figura 4).

¿Hay una supervisión hacia el recurso humano que labora en producción?

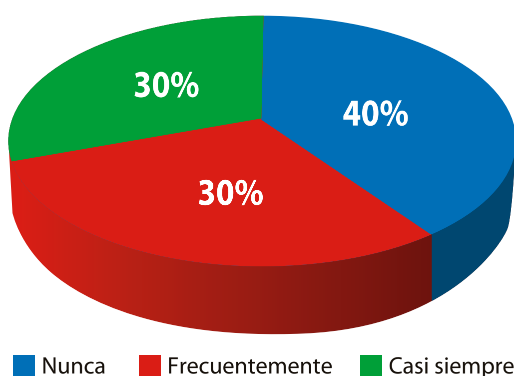


Figura 4. Supervisión de la mano de obra.

De los resultados anteriores es necesario señalar que es importante el recurso humano como parte del proceso productivo, ya que con esfuerzo y trabajo transforman los materiales directos en producto terminado.

Infraestructura. Este indicador comprende el lugar de trabajo, el almacén de materias primas, maquinaria necesaria para trabajar y las herramientas indispensables para realizarlo. Los resultados señalan que el 70% de las empresas encuestadas del ramo de alimentos no tienen el equipo y las instalaciones adecuadas para llevar a cabo los procesos de producción, siendo un 10% de las empresas que únicamente lo tienen (Figura 5).

¿Se tiene el equipo y las instalaciones adecuadas, para llevar a cabo los procesos de producción?

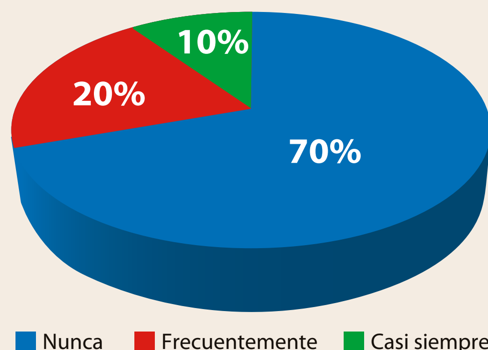


Figura 5. Equipo e instalaciones.

En relación a la distribución del espacio que ocupa la materia prima que se utiliza en los procesos de producción, un 60% de las empresas encuestadas señalaron que no tienen una adecuada distribución del mismo, siendo el 30% de las empresas que cuentan de manera frecuente con una adecuada distribución del mismo (Figura 6).

¿Hay una adecuada distribución del espacio, que ocupa la materia prima?

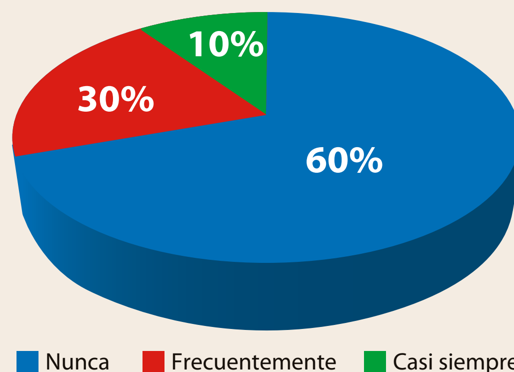


Figura 6. Distribución del espacio.

En resumen, el indicador de infraestructura, se puede decir que las pequeñas empresas, del ramo de alimentos no tienen el equipo y las herramientas adecuadas para llevar a cabo los procesos de producción y su distribución del espacio es insuficiente para maniobras.

Tiempos de entrega. En relación a las fechas de entrega al cliente de acuerdo a los pedidos, un 75% de las empresas del ramo de alimentos no cumplen con fechas de

entrega de pedido del cliente, un l0% cumple de manera frecuente y un 15% cumple casi siempre (Figura 7).

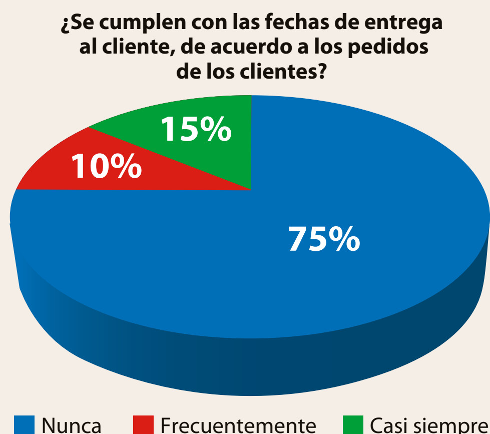


Figura 7. Pedido de clientes.

En cuanto a la satisfacción de la entrega del producto, con el inventario existente a los resultados obtenidos un 70% de las PE encuestadas señalaron que no se tiene el inventario para cumplir con la entrega del producto, siendo únicamente el l0% de las empresas que casi siempre cumplen. Por lo tanto, las PE encuestadas, no logran cumplir en tiempo y forma con los tiempos de entrega del producto terminado (Figura 8).

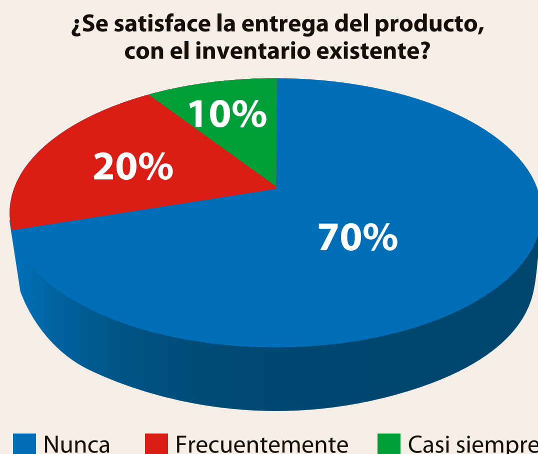


Figura 8. Entrega del producto con inventario existente.

CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo planeado se concluye lo siguiente:

- El enfoque de planeación de los insumos de producción, es de carácter correctivo, orientado a corto plazo y no llevan a cabo estudios que les permitan generar oportunidades a fin de obtener ventajas competitivas con el fin de ampliar su mercado y cumplir con los pedidos del cliente en tiempo y forma.
- Existe un descuido generalizado en los procedimientos de trabajo, así como las malas condiciones en el manejo de los insumos que participan en la producción, con bajos salarios y falta de prestaciones al recurso humano, toda vez que las PE no pueden mantener salarios elevados por no tener la solvencia económica necesaria.
- No se tiene una visión de cooperación e integración, con baja rentabilidad, en donde el pequeño empresario no tiene la confianza para una toma de decisiones en cuanto una mayor connotación de innovación, de desarrollo tecnológico, vinculación e integración.
- Ante este panorama las PE industriales no tienen más alternativa que adoptar estrategias propias, tendientes a favorecer su desarrollo, así como tratar de establecer alianzas estratégicas entre productores de materias primas, distribución y comercialización colectivas, siendo el reto más importante para las PE mexicanas en donde la cultura empresarial es individualista y no corporativa.
- Las PE manufactureras deberán contar con gerentes emprendedores con una visión hacia el futuro y de largo plazo, ser líderes de opinión y de cambio, basados en una misión que los lleve al logro de sus objetivos consolidados en estrategias adecuadas a su medio ambiente interno y externo.

Para lograr una mayor eficiencia en la planeación y el control de los procesos de producción es necesario medir y revisar las diferentes alternativas de planeación, financieras, económicas y de toma de decisiones y simplificar los sistemas de producción, generar ventajas competitivas y que permitan que las PE manufactureras alcancen su crecimiento, ya que contribuyen al desarrollo regional del ingreso, producen artículos de la localidad y de consumo básico. Su planeación y control no requiere de mucho capital, mantienen una unidad de mando, permitiendo una adecuada vinculación entre las funciones administrativas y operativas, con tendencia a producir, lograr terminado el producto en tiempo y formar para venderlo a precios competitivos.

BIBLIOGRAFÍA

1) Anderson, H. R., Mitchell, H. R., «*Conceptos* básicos de Contabilidad de Costos,» Editorial Continental, S.A. de C.V. 2005.
2) Anzola Rojas, S., «*Administración de pequeñas empresas,*» 2ª. Edición, Editorial McGraw Hill. 2007.
3) Pérez Pasten, J.A., «*Escala de producción y eficiencia: el caso de las pequeñas y medianas empresas textileras hidalguenses,*» Universidad Científico Latinoamericana de Hidalgo. 2008.
4) Bateman, T., S., «*Administración: una ventaja competitiva,* » Editorial McGraw Hill. 2001.
5) Polimeni, R. S., Fabozzi, F. J., «*Contabilidad de costos: Conceptos y aplicaciones para la toma de decisiones gerenciales,*» Tercera Edición, McGraw Hill. 2005.
6) Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e informática (INEGI), «*Censos Económicos,*» 2010.



LA ADMINISTRACIÓN DE LA RELACIÓN DE LOS CLIENTES (CRM), UNA HERRAMIENTA PARA CREAR ESTRATEGIAS COMPETITIVAS

* JUAN DE DIOS LEÓN LARA,
RICARDO ALBERTO RODRÍGUEZ CARVAJAL

El presente artículo, muestra la importancia de utilizar la administración de la relación de los clientes como una herramienta para crear estrategias competitivas dentro de una empresa, esto con la finalidad de mantener una relación más estrecha con los clientes, considerándolo como un "servicio personalizado", a diferencia del marketing transaccional tradicional, así como lograr la fidelidad del cliente con su entera satisfacción. También como el CRM, se ve soportado por una estructura organizacional y la ayuda de las tecnologías de información para su implementación y desarrollo.

Palabras-clave: *CRM, estrategia, marketing transaccional, cultura corporativa, relacióncon cliente, TI.*

DR. JUAN DE DIOS LEÓN LARA
Correo: jleon@industrial.uson.mx

DR. RICARDO ALBERTO RODRÍGUEZ CARVAJAL
Correo: ricardo@industrial.uson.mx
Departamento de Ingeniería Industrial,
Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: Juan de Dios León Lara
Correo electrónico: jleon@industrial.uson.mx
Recibido: 14 de marzo de 2013
Aceptado: 12 de abril de 2014
ISSN: 2007-4530



INTRODUCCIÓN

En esencia, el trabajo del estratega es comprender y enfrentar la competencia. Los gerentes de empresas suelen definir la competencia como si fuera algo que ocurriera sólo entre los competidores directos actuales. No obstante, la competencia por las utilidades va más allá de los rivales establecidos de un sector e incluye a otras cuatro fuerzas competitivas: los clientes, los proveedores, los posibles entrantes y los productos substitutos. La rivalidad extendida, que se genera como consecuencia crea las cinco fuerzas, define la estructura de un sector y da forma a la naturaleza de la interacción competitiva dentro de un sector [1].

Las empresas logran ventaja competitiva mediante actos de innovación. La innovación puede manifestarse en el diseño de un nuevo producto, en un nuevo proceso de producción, en un nuevo método comercial, en un nuevo modo de llevar a cabo la formación y capacitación del personal [2].

Las empresas logran ventaja frente a los mejores competidores a causa de las presiones y los retos. Como la base de la competencia se ha desplazado cada vez más hacia la creación y asimilación de conocimientos, la información desempeña un gran papel en el proceso de innovación y mejora: información de la que no disponen los competidores o que no buscan. En realidad, para tener éxito, la innovación suele requerir decisión, además de una situación de necesidad e incluso de adversidad: el temor de perder resulta a menudo más poderoso que la esperanza de ganar. En este sentido la investigación de mercados es una herramienta fundamental para crear ventaja competitiva en las empresas. El marketing se puede definir de acuerdo a la Asociación Americana de Marketing (AMA) de 1985 como: *"es una función de la organización y un conjunto de procesos para crear, comunicar y entregar valor a los clientes, y para manejar las relaciones con estos últimos, de manera que beneficien a toda la organización*.

Para Kotler [3] *"el marketing es un proceso social y administrativo mediante el cual grupos e individuos obtienen lo que necesitan y desean a través de generar, ofrecer e intercambiar productos de valor con sus semejantes"*. Entonces podríamos entender el marketing como: el intercambio y la transacción, con ello, los procesos implicados con el fin de realizarlo, facilitarlo y promoverlo. Los empresarios se han dado cuenta que el verdadero negocio no está en la cantidad de clientes, sino en saber mantener a los clientes que otorgan mayores beneficios al negocio y maximizar su rentabilidad. Con esta visión, muchas empresas comienzan a gestionar su cartera de clientes como un activo fundamental para lograr una ventaja competitiva que perdure en el tiempo, lo cual ha exigido un gran cambio en la filosofía del marketing pasando de estrategias de marketing dirigidas a la transacción a estrategias de marketing orientadas a la relación [4].

La evolución del marketing busca medir constantemente las necesidades de sus clientes, sus gustos, comportamientos de consumo, etc… teniendo en cuenta que estas características varían rápidamente, lo que significa que las empresas deben estar en disposición y a la expectativa de dichas variaciones, con el fin de mantener la satisfacción de sus clientes y la consecución de otros. Cuando esta actividad se realiza de forma ordenada se le llama, Marketing Relacional o Customer Relationship Management [5].

Para alcanzar las metas del Marketing Relacional se deben considerar 4 aspectos:

1. Tener en cuenta el ambiente de mercado como factor influyente en el cambio de las necesidades, gustos y actuaciones del cliente.
2. Apoyo tecnológico.

3. Un proceso de comunicación adecuado.
4. Efectividad y eficiencia.

El marketing relacional se apoya principalmente en las Tecnologías de Información (TI), ya que necesita de sistemas de información, bases de datos, Internet, entre otras. El desarrollo de estas tecnologías permite a las empresas acceder a este mundo ofreciendo diferentes alternativas, como es el software libre y el software propietario.

DEFINICIÓN DE CRM

Al CRM se le han dado múltiples definiciones, pues se trata de un término que hoy en día se usa demasiado, ya que las nuevas tecnologías de la información y comunicación han potencializado su uso. El CRM es una filosofía y una estrategia de negocios apoyada por un sistema y una tecnología, la cual es diseñada para mejorar las interacciones humanas en un ambiente de negocios.
El CRM es un proceso sistemático para gestionar la relación de iniciación, atención y terminación con el cliente a través de todos los puntos de contactos con él para maximizar el valor del portafolio de sus relaciones [6].

El CRM es básicamente la respuesta de la tecnología a la creciente necesidad de las empresas de fortalecer las relaciones con sus clientes. Las herramientas de gestión de relaciones con los clientes "Customer Relationship Management" son las soluciones tecnológicas para conseguir desarrollar la "teoría" del marketing relacional.

Eiriz y Wilson [7] identifican las principales áreas de investigación que en el futuro afrontará el marketing de relaciones. Concretamente proponen tres áreas prioritarias:

1. Estudio de la racionalidad para crear, desarrollar, mantener y finalizar las relaciones. Es decir, clarificar el concepto de relación e identificar la tipología de aquellas relaciones que están representadas en el marketing relacional y diferenciarlas de aquéllas que no lo están.
2. Identificación de los procesos a través de los cuales las relaciones son establecidas, desarrolladas, mantenidas y finalizadas. Es fundamental desarrollar explicaciones que tengan en cuenta las variables relacionales clave, como la confianza, el compromiso, la adaptación, la incertidumbre, la dependencia y la reciprocidad.
3. Análisis de las estructuras adecuadas para dirigir y gestionar estos procesos. Cómo las empresas organizan y gestionan las relaciones y qué forma de estructuras y de gobierno son más o menos útiles.

EL CRM VS MARKETING TRANSACCIONAL

El paradigma tradicional del marketing se caracteriza por una orientación de tipo transaccional y se basa en el concepto del "marketing mix" [8]. "El pensamiento básico que está detrás del marketing mix es que el marketing, mediante la combinación de una serie de actividades debería persuadir al consumidor para que comprara un cierto producto" ([9] citado por [8]).

McCarthy [10] simplificó el concepto original de Borden que incluía doce elementos y lo redujo a las cuatro P´s (*product, price, promotion and place)*, que desde entonces se convirtieron en el paradigma indiscutible del marketing [11]. Los máximos exponentes de este paradigma han sido, durante décadas, McCarthy [10] y Kotler [3]; en la figura 1 se muestran los factores que influyen en la estrategia de mercado según el enfoque transaccional.



Figura 1. Factores que influyen en la estrategia de mercadeo.

Frecuentemente, dentro de este enfoque, las empresas parecían actuar según un paradigma basado en las siguientes características [5]:

- Ni el proveedor ni el cliente tienen memoria. Cada vez que se quiere vender algo, el proceso parte de cero.
- El cliente es anónimo, o casi.
- Cada acto de venta tiene que ser rentable por sí mismo.
- Si perdemos a algún cliente, en el mercado encontraremos abundantes clientes potenciales a los que será fácil captar.
- Es más fácil y barato captar a un cliente nuevo que esforzarse por retener y desarrollar a los clientes que ya lo son.
- Fundamentalmente, la empresa lanza productos al mercado, y los clientes los compran. La empresa habla y el cliente escucha. Los productos y los mensajes publicitarios son masivos y poco diferenciados.

El CRM, a diferencia del transaccional, busca la identificación individualizada del cliente, obteniendo información del mismo para implantar estrategias de marketing personalizadas, para mantener la relación con el cliente de manera positiva y duradera, ganando la fidelidad para aumentar la rentabilidad de la empresa. Las empresas líderes buscan tener estrategias de marketing que se adapten al mercado dinámico buscando nuevas herramientas y planteamientos. Los objetivos del CRM precisamente apuntan a la identificación individualizada de cada cliente, la recolección de información sobre el mismo y la implantación de estrategias de marketing



personalizadas en busca de mantener relaciones positivas y duraderas con el cliente que permitan la fidelidad de este como base para aumentar la rentabilidad del negocio de la empresa [12].

El marketing relacional, según el profesor Renart [12] del IESE, se compone de ocho etapas donde las siguientes son comunes en el marketing transaccional: identificar, informar, atraer, vender o servir. Las otras etapas representan un enfoque relacional o una estrategia de negocio: satisfacer, fidelidad. Desarrollar y crear una comunidad de usuarios. Estas etapas son a las que una empresa no suele llegar si lo único que busca es mantener con sus clientes una relación puramente transaccional, en la tabla 1 se denotan algunas diferencias entre estos. & Rivera, P

Tabla 1. Diferencias entre el marketing transaccional y el marketing relacional [13].

<table>
<tr><th colspan="3">Perspectiva transaccional</th><th colspan="3">Perspectiva relacional</th></tr>
<tr><td colspan="3">Enfoque transaccional del intercambio, centrado en una sola venta, conquista del cliente, con poco interés en su satisfacción.
Visión del intercambio como función discreta.
Visión temporal a corto plazo.
Óptica del marketing de bienes de consumo.
Escaso énfasis en el servicio al cliente, compromiso limitado y pocos contactos.
Calidad endógena, es responsabilidad del subsistema productivo, orientado a las características de los productos (calidad técnica) y no a los beneficios de su consumo.
Dominado por el marketing mix.
Clientes sensibles al precio.
Orientación estratégica limitada.</td><td colspan="3">Enfoque relacional del intercambio, centrado en la fidelidad del cliente, retención del cliente, a través de la generación de satisfacción.
Visión del intercambio como función contínua.
Visión temporal a largo plazo.
Óptica del marketing de bienes industriales y de servicios.
Gran énfasis en el servicio al cliente, alto compromiso y elevado grado de contacto.
Calidad exógena, la responsabilidad concierne a toda la organización, orientado a los beneficios que los productos dan a los usuarios (calidad funcional).
Dominado por el marketing interactivo.
Clientes poco sensibles al precio.
Fuerte orientación estratégica.</td></tr>
<tr><td>Marketing Transaccional</td><td>Bienes Consumo</td><td>Bienes Duraderos</td><td>Bienes Industriales</td><td>Servicios</td><td>(CRM)</td></tr>
</table>

Como se puede observar, la aplicación del marketing relacional ofrece una orientación estratégica en las empresas, la cual debe estar alineada a la visión y misión de éstas, además ofrece la interactividad entre empresa-cliente, logrando con esto una relación a largo plazo.

REQUISITOS PARA IMPLANTAR CON ÉXITO UN CRM

Asegurarse de que "los clientes son tratados adecuadamente, de que sus necesidades y sus expectativas han sido satisfechas, de que se ha añadido valor al servicio básico y de que cada cliente recibe un trato personalizado" [14]. En ese sentido, son requisitos:

1. Creación y el desarrollo de una cultura corporativa que soporte esta nueva aproximación al marketing, basada en las relaciones.
2. El desarrollo de una política detallada de marketing interno paralelamente, para gestionar con éxito la creación de valor que debe resultar de la aplicación de una estrategia de marketing relacional, la empresa debe concentrarse en sus recursos y en sus competencias, además de en gestionar los procesos que le permitan ofrecer un servicio excelente.
3. Las nuevas tecnologías, como por ejemplo los programas CRM, deben convertirse en un soporte básico de la aplicación del marketing relacional a nivel táctico, para gestionar el conocimiento de que dispone la organización, ofrecer servicios más personalizados y disminuir costos.
4. Los recursos, competencias y procesos de prestación del servicio no deben gestionarse únicamente dentro de la organización, sino que también deben gestionarse dentro de la red de colaboraciones en que se encuentra inmersa la empresa. El valor percibido por el cliente dependerá en gran medida de las relaciones secundarias de la empresa y de cómo las gestione para ofrecer una oferta holística superior a la de sus competidores.

LAS RELACIONES EN EL CRM

El objetivo del CRM es convertir el actual monólogo existente entre las arcas y los consumidores en un diálogo, en el que ambas partes se benefician del intercambio de información, convirtiendo lo que antes era una transacción en una relación. De esta manera, al igual que las personas, la empresa y sus consumidores colaboran en la búsqueda de un beneficio mutuo. Las relaciones se basan en el conocimiento mutuo, es por ello que se intenta conocer al máximo al consumidor para poder entender su lenguaje, y así poder personalizar al máximo la relación, de tal forma que el consumidor se sienta tratado de forma exclusiva. El marketing relacional es reconocer que cada consumidor tiene un "valor potencial", y diseñar una estrategia destinada a "realizar" dicho potencial.

La administración de relaciones con el cliente (CRM) implica atraer, desarrollar y mantener relaciones exitosas con los clientes en el tiempo [15]. Así, CRM viene a ser un enfoque para administrar el conocimiento relacionado con los clientes de creciente significado estratégico. Su adopción exitosa, habilitada por las TI, redefine los modelos tradicionales de interacción entre los negocios y sus clientes, tanto nacional como globalmente. Se considera una ventaja competitiva porque le permite a la organización explorar y usar el conocimiento de sus clientes y fomentar relaciones rentables y de largo plazo.

INDICADORES DE UN CRM

Los *Scorecards* (hoja de resultados) de la Administración del Cliente (CMS por sus siglas en inglés) se utilizan para apoyar el CRM. Representan un concepto integrado para el análisis alineando los conductores centrales del valor o los determinantes del éxito de la administración de la relación del cliente, con la meta de proporcionar la información relevante a la toma de decisión que, ayuda para apoyar el análisis, planeamiento, puesta en práctica y supervisión de los programas para los niveles estratégicos, tácticos y operacionales del CRM las áreas del uso de un CMS se pueden ver particularmente en las siguientes:

a) Uso de la herramienta del análisis con respecto a la identificación y a la evaluación de los "conductores del valor" del CRM considerando la fecha.
b) Una función como una herramienta de control en el marco del planeamiento de las estrategias de CRM.
c) La puesta en práctica como herramienta de supervisión en la administración del cliente con respecto a la supervisión de la eficacia de programas individuales, de las acciones y las herramientas.

La figura 2 describe los pasos que se deben considerar para la implementación de los indicadores de un CRM, para su correcta evaluación.

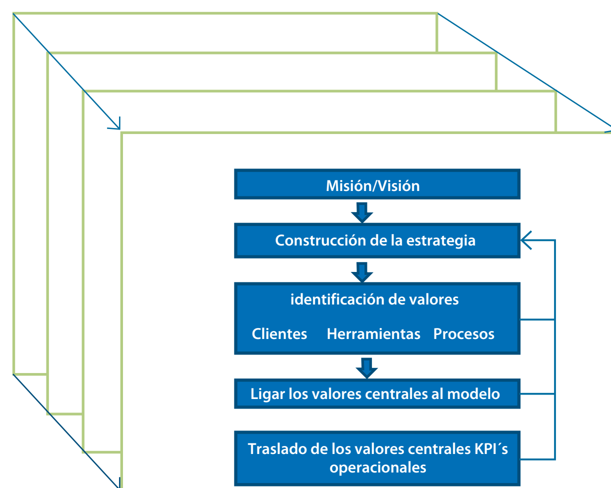


Figura 2. Pasos para la implementación de una estrategia CRM [16].

En la figura 3 se muestra el ciclo de relaciones con los clientes que una empresa tiene y debe de contemplar para lograr ventaja competitiva.





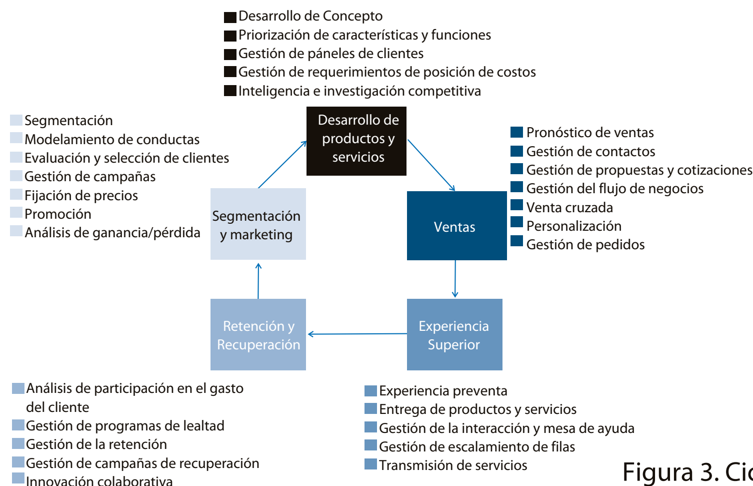


Figura 3. Ciclo CRM [17].

Este ciclo contempla cinco puntos en los cuales deben basarse las empresas, tales como:

a) *Desarrollo de productos y servicios*. Considerar el desarrollo del concepto, priorización de características y funciones, gestión de paneles de clientes, gestión de requerimientos de posición de costos, inteligencia e investigación competitiva.

b) *Segmentación y marketing*. Contempla segmentación, modelamiento de conductas, evaluación y selección de clientes, gestión de campañas, fijación de precios, promoción y análisis de pérdidas y ganancias.

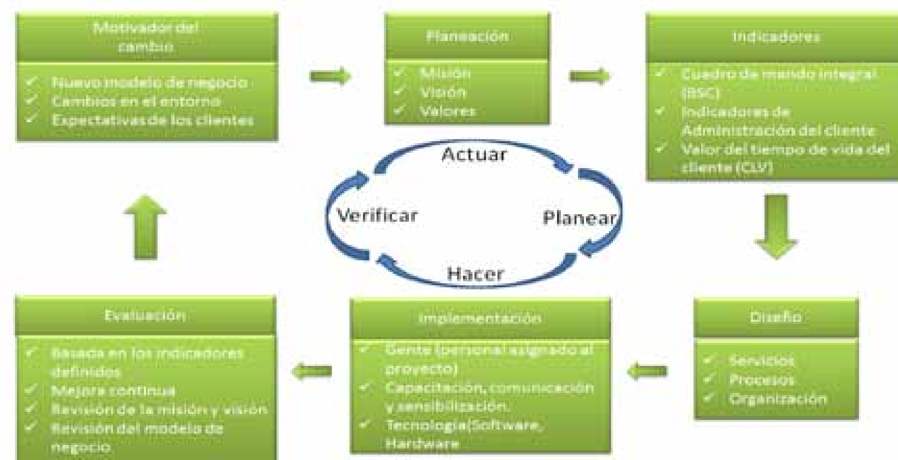
c) *Ventas*. Pronósticos de ventas, gestiones de contactos, propuestas y cotizaciones, flujo de negocios, de pedidos, así como ventas cruzadas y personalización.

d)*Experiencia superior*. Se contemplan experiencias de preventa, entrega de productos y servicios, gestiones de interacción y mesa de ayuda así como el escalamiento de filas y la transmisión de servicios.

e)*Retención y recuperación*. Análisis de participación en el gasto del cliente, gestiones en programas de lealtad y retenciones así como en campañas de recuperación e innovación colaborativa.

IMPLEMENTACIÓN DE UN CRM

La implementación de un CRM no sólo depende de la selección de un software y hardware adecuado, sino que es primordial conocer la estrategia del negocio, de forma tal que la decisión de un proyecto de esta naturaleza se encuentre alineado con esa estrategia, y que toda la empresa esté convencida de que el esfuerzo dedicado al proyecto será realmente una inversión. La figura 4 describe las etapas para la implementación de un CRM.



Además de considerar los siguientes aspectos:

1. Redefinición de los procesos y cambios en las estrategias para aumentar los ingresos y la productividad. La transformación de las organizaciones involucra algo más que aplicaciones de software, implica cambios en las estrategias, en los procesos claves del negocio, y sobre todo en las personas. Con relación a la transformación de los procesos debemos partir de la integración con el entorno: clientes, aliados y proveedores principalmente; utilizando las más modernas técnicas de modelación de procesos, para una implementación rápida y económica de estos nuevos estilos de gestión operativa y estratégica.
2. CRM no es sólo un software, es una estrategia que se apoya sobre una aplicación tecnológica. Esta estrategia obliga a la empresa a realizar diversos cambios a nivel tecnológico. Es decir, cambia la visión y cultura del negocio, reestructuración en las funciones y procesos de la organización para soportar esta nueva visión y evaluar a los proveedores de software de CRM, considerando que éste debe adaptarse a los requerimientos del negocio y siguiendo una metodología adecuada para la selección de software.
3. Mejorar la relación con los aliados de negocios. Debido a los avances tecnológicos las empresas se están dando cuenta de la importancia de mejorar el servicio, la calidad y la eficiencia en la relación con sus socios de negocios a través de la estandarización de las mejores prácticas, utilizando tecnología en forma apropiada para reforzar los lazos entre los distribuidores mayoristas y los mayoristas locales de los distintos países. Esta práctica es conocida como administración de la relación de los socios de negocios (PRM, sus siglas en inglés).

CONCLUSIONES

El objetivo del CRM es convertir una relación que podría considerase de una sola vía, en un diálogo permanente entre la empresa y el cliente o consumidor, donde se logre el intercambio de información, convirtiendo lo que antes era una transacción en una relación, para ser considerada como un tratamiento de forma exclusiva del consumidor. El CRM es una gran herramienta para formular una estrategia competitiva para la organización incluso ir más allá de lo que un marketing transaccional ofrece, el CRM se puede considerar una estrategia corporativa si la utilizamos sistemáticamente como parte del desarrollo de las actividades de la misma empresa. Los *scorecards* de la administración del cliente son utilizados para apoyar el CRM, representan un concepto integrado para el análisis alineando los conductores centrales del valor o los determinantes del éxito de la administración de la relación del cliente, que proporcione información relevante para la toma de decisiones en prácticas y supervisiones de programas para los niveles estratégicos, tácticos u operativos del CRM.

La metodología propuesta se verá fuertemente soportada por un alto contenido de tecnologías de información así como de modelos de sistemas diseñados por la propia empresa o de personas o empresas externas que ofrezcan outsourcing sobre este contexto.

BIBLIOGRAFÍA

1) M. Porter, «Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia,» *Harvard Business Review,* 2-18. 2008.
2) M. Porter, «The competitive advantage of nations,» *Harvard Business Review, 3-21*. 1990.
3) P. Kotler, «Dirección de Mercadotecnia,» Octava edición. México: PHH (Prentice-Hall Hispanoamericana S.A). 1996.
4) F.L. Valenzuela, «Filosofía empresarial y del marketing orientada en el valor del cliente,» *Horizontes Empresariales*, 17-30. 2005.
5) M.J. Chica, «Del Marketing de Servicios al Marketing Relacional,» *Revista Colombiana de Marketing*, 60-67. 2005.
6) W. Reinartz, J. Thomas & V. Kumar, «Balancing acquisition and retention resources to maximize customer profitability,» *Journal of Marketing*, 63-79. 2005.
7) V. Eiriz & D. Wilson, «Research in relationship marketing: antecedent's traditions and integration,» *European Journal of Marketing*, 275-291. 2006.
8) O. Iglesias, «El marketing relacional y las relaciones como ejes fundamentales del marketing en el sector turístico,» I Coloquio Predoctoral Europeo de Turismo y Ocio (pp. 1-21). Barcelona: ESADE-IMHI (CORNELL – ESSEC). 2003.
9) E. Gummesson, «Relationship Marketing in the New Economy,» *Journal of Relationship Marketing*, 268-297. 2002.
10) J.E. McCarthy & I. Irwin, «Basic Marketing: A Managerial Approach,» *Homewood*. 1960.
11) C. Gronroos, «Relationship Approach to Marketing in Services Contexts: The Marketing and Organizational Behavior interface,» *Journal of Business Research*, 3-11. 1990.
12) L.G. Renart, «CRM: Tres estrategias de éxito,» E-business Center PricewaterhouseCoopers & IESE, 2-68. 2004.
13) M. Pedraja, & P. Rivera, «Tipología de clientes del comercio minorista desde la perspectiva del Marketing relacional,» *Universia Business Review*. 30-44. 2005.
14) A. McIlroy & S. Barnett, «Building customer relationships: do discount cards work?,» *Managing Service Quality: An International Journal*, Vol. 10 Iss: 6, pp.347 – 355. 2000.
15) G.S. Day, «Managing marketing relationship,» *Journal of the Academy of Marketing Science,* 24-38. 2000.
16) K.P. Wiedmann & H. Buxel, «Components of a Profit-oriented Target Customer Management System,» Wiesbaden, 33-54. 2003.
17) D. K. Rigby & D. Ledingham, «CRM Done Right,» *Harvard Business Review*, 1-11. 2004.
18) V. González de Anda & F.J. Aguirre, «De la estrategia a la implementación Call Center/CRM GIT-Pemex,» México: Gerencia de Ingeniería de Telecomunicaciones, PEMEX. 2006.



ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL ESTADO DE SONORA

* JORGE LUIS TADDEI BRINGAS, MARÍA DE LOS ÁNGELES NAVARRETE HINOJOSA,PABLO DANIEL TADDEI ARRIOLA, RAFAEL CABANILLAS LÓPEZ

La etapa de uso de combustibles fósiles está llegando a su fin, debido principalmente a la escasez y problemas de contaminación que originan. En la actualidad existe una marcada tendenciaen aprovechar las fuentes renovables de energía, por su bajo impacto ambiental y menor emisión de gases de efecto invernadero (GEI), lo cual contribuye a independizar las políticas energéticas locales de las del mercado global, basadas en la supremacía petrolera. Para obtener el mayor provecho de las energías renovables, es importante determinar el potencial de los distintos recursos energéticos existentes en una región. En este trabajo se presenta una relación del potencial para explotar energías renovables en el estado de Sonora, México, como un paso previo para establecer acciones y políticas que busquen su posible utilización a gran escala.

DR. JORGE LUIS TADDEI BRINGAS
Ingeniería Sustentable,División de Ingeniería,
Universidad de Sonora
Correo: jtaddei@industrial.uson.mx
DRA. MARÍA DE LOS ÁNGELES NAVARRETE HINOJOSA
Planeación Estratégica, División de Ingeniería,
Universidad de Sonora
Correo: mnavarrete@industrial.uson.mx

I.I. PABLO DANIEL TADDEI ARRIOLA
Ingeniería Sustentable, División de Ingeniería,
Universidad de Sonora
Correo: pablo.taddei@industrial.uson.mx
DR. RAFAEL CABANILLAS LÓPEZ
Energía Solar, División de Ingeniería,
Universidad de Sonora
Correo: rcabani@iq.uson.mx

*Autor para correspondencia: Jorge Taddei Bringas
Correo electrónico: jtaddei@industrial.uson.mx
Recibido: 14 de septiembre de 2014
Aceptado: 03 de noviembre de 2014
ISSN: 2007-4530

INTRODUCCIÓN

Energías renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana. El sol está en el origen de todas ellas porque su calor provoca en la Tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica. El sol ordena el ciclo del agua, causa la evaporación que provoca la formación de nubes y, por tanto, las lluvias. También del sol procede la energía hidráulica. Las plantas se sirven del sol para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer. Toda esa materia vegetal es la biomasa. Por último, el sol se aprovecha directamente en las energías solares, tanto la térmica como la fotovoltaica.

Para contextualizar el potencial de las energías renovables (ER) en Sonora, se efectúa una breve explicación de la situación internacional, luego se presentan las definiciones de cada una de las fuentes de ER y se resume su aplicación en México.

Con relación al contexto internacional en 2013 la capacidad instalada de energías renovables alcanzó niveles récord ya que aumentó 8.3% con respecto a la existente en 2002; las ER representan el 56% del crecimiento que en ese período ha tenido la capacidad eléctrica global. Las ER satisfacen actualmente casi una quinta parte del consumo mundial de energía [1].

Para 2013, los cinco países con mayor capacidad instalada de ER para generación de electricidad (sin incluir las plantas hidroeléctricas), son: China (118 GW), Estados Unidos (93 GW), Alemania (78 GW), España (32 GW) e Italia (31 GW).

Del contexto mundial pasamos al nacional, presentando una breve descripción de las principales ER utilizadas para producción de energía eléctrica y su situación en México. La información se toma de la base datos publicada por la Secretaría de Energía (SENER) en el Balance Nacional de Energía 2012 [2]. Finalmente se presenta un panorama general de las ER y su potencial en el estado de Sonora

ENERGÍA HIDRÁULICA

El agua de una presa con su potencia hidráulica disponible, pasa por una turbina, la cual la transforma en potencia mecánica y ésta a través de un generador, la convierte en potencia eléctrica. Luego pasa a los transformadores, para iniciar su viaje a los centros de consumo.

En México, la capacidad de generación hidráulica para servicio público, se integra por 94 unidades en 42 centrales, con una capacidad total de 11,707 MW.

ENERGÍA GEOTÉRMICA

Es energía calorífica proveniente del núcleo de la Tierra, la cual se desplaza hacia la superficie a través de las fisuras existentes en las rocas sólidas y semisólidas de su interior.

De acuerdo con datos de CFE, a fines del 2012 se encontraban en operación 38 unidades de generación geotermoeléctrica, con una capacidad total instalada de 823 MW; la más grande de ellas es la central de Cerro Prieto cerca de Mexicali.

ENERGÍA EÓLICA

La energía cinética del viento puede transformarse en energía, tanto mecánica como eléctrica. La energía eólica es una opción limpia, pero la instalación de un parque (granja eólica) puede producir un impacto ambiental –sobre todo en paisaje y fauna- que es necesario evaluar de acuerdo a las condiciones del entorno físico, biológico y social.

Con relación a la capacidad de generación eoloeléctrica para el servicio público, la CFE tuvo en operación, hasta finales de 2012, las centrales de La Venta en Oaxaca (84.7 MW), Guerrero Negro en Baja California Sur (0.6 MW) y el generador de la COP 16 (1.5 MW), lo que suma una capacidad total de generación de 86.8 MW.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión directa de la radiación solar en electricidad mediante sistemas fotovoltaicos. Los módulos o paneles son arreglos de celdas solares (que transforman la luz en electricidad).

En México, a partir de la publicación de los instrumentos regulatorios que facilitan la interconexión de sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica, la CFE registró una capacidad adicional instalada de estos sistemas en pequeña y mediana escala por 3.48 MW, entre 2010-2011.

ENERGÍA TERMOSOLAR

La energía solar térmica se basa en la concentración de la radiación solar, a fin de llevar un fluido a suficiente temperatura para accionar motores (turbinas) térmicos que van acoplados a generadores eléctricos. También se han desarrollado sistemas híbridos, que combinan dos sistemas: uno tradicional, sobre la base de un combustible convencional, más el vapor, proveniente de una fuente solar activa de alta temperatura, que conforman lo que se conoce como ciclo combinado.

Actualmente, en México no se cuenta con centrales en operación que utilicen este tipo de tecnologías de aprovechamiento de la energía solar. Sin embargo, en el estado de Sonora se encuentra en desarrollo el proyecto 171 CC Agua Prieta II, a cargo de la CFE, mismo que consiste en un sistema híbrido de ciclo combinado (477 MW térmicos) y de un campo termosolar de canales parabólicos con una potencia de 14 MW térmicos.

BIOMASA

Por biomasa se entiende el conjunto de materia orgánica renovable vegetal o animal. Se encuentra disponible en estado sólido, líquido o gaseoso; tiene aplicaciones principalmente como combustible para el transporte, establecimientos industriales (por ejemplo, plantas de cogeneración) y en el sector doméstico para calefacción, cocina y agua caliente.



Los rellenos sanitarios, constituyen el medio más utilizado para disponer de la basura y los desechos generados en México. Se estima que la disposición de residuos sólidos urbanos en rellenos sanitarios es de 28.2 millones de toneladas anuales.

En el periodo 2008–2012, el Gobierno Federal a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) apoyó la construcción de 327 biodigestores y la adquisición de 137 moto-generadores a partir de biogás.

ENERGÍAS OCEÁNICAS

Se puede generar electricidad a partir de la energía proveniente del océano mediante varias formas de aprovechamiento: energía mareomotriz (un dique que almacena agua, convirtiendo su energía potencial en electricidad por medio de una turbina); undimotriz u olamotriz (energía que se obtiene del movimiento de las olas); la térmica oceánica (transforma en energía útil la diferencia de temperatura entre la cálida superficie marina y la fría agua que se encuentra en las profundidades del océano); y finalmente, la energía cinética de las corrientes marinas (tiene su similitud con la eólica).

SITUACIÓN ACTUAL Y POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN SONORA

En esta sección, se presenta un análisis de la situación actual y potencial para el aprovechamiento de las energías renovables existentes en Sonora.

Con base en el Balance Nacional de Energía 2012 [2], en México sólo el 7.4% de la oferta interna bruta de energía es cubierta por las fuentes renovables, mayoritariamente por las plantas hidroeléctricas. En el caso de Sonora, el 95.2 % de los energéticos se importan de otros estados o del extranjero. Sólo el 4.8 % se produce localmente a partir de hidroelectricidad y biomasa.

ENERGÍA HIDRÁULICA

Hasta donde se tiene conocimiento, en el Estado sólo existe un proyecto para establecer cuatro plantas generadoras de electricidad en el Río Yaqui.

El proyecto denominado Sistema Hidroeléctrico Río Yaqui se encuentra comprendido entre la Central Hidroeléctrica Plutarco Elías Calles (El Novillo) y la presa Álvaro Obregón (El Oviáchic). Consiste en un conjunto de 4 centrales hidroeléctricas denominadas: Soyopa, El Mezquite, Faustino y La Dura. Por lo tanto, se trata de un conjunto de obras del mismo tipo y sector. [3]

ENERGÍA GEOTÉRMICA

La tabla 1 muestra las posibilidades de explotación de energía geotérmica en Sonora.

Tabla 1 Posibilidades de explotación geotérmica en Sonora.

Número de manifestaciones en el estado de Sonora	Número para estimar reservas	Localidades incluidas en reservas	Energía térmica (kJ) (90% de confianza)	Reservas (kJ) (90% confianza)
77	9	8	4.84E+15 9.80E+15	1.21E+15 2.45E+15

Fuente: Proyecto Riíto: Gerencia de Proyectos Geo termoeléctricos (GPG) [4]

En el “Proyecto Riíto” localizado a 46 km al sureste del campo de Cerro Prieto, en los límites de los estados de Sonora y Baja California, se ha confirmado la existencia de condiciones geológico-estructurales y térmicas adecuadas que han permitido estimar en forma muy preliminar un potencial mínimo de 100 MW y un máximo probable de 800 MW [4].

VENTILAS SUBMARINAS

Ligadas a la extensión tectónica que originó corteza oceánica en el Golfo de California, se han identificado sistemas hidrotermales submarinos con temperaturas de hasta 300°C [5]. La presencia de estas ventilas es notoria en la Cuenca de Guaymas, frente al puerto, y en las cuencas de Wagner y Consag frente a Puerto Peñasco [6].

Tanto el diseño del equipo de generación como la cuantificación y caracterización de las ventilas se han realizado en el marco del Programa IMPULSA IV, para lograr eventualmente un aprovechamiento sustentable y económico de esta fuente de ER tan poco conocida en la actualidad [7]. De resultar ciertas las estimaciones preliminares, ésta constituiría una fuente de varios cientos de MW a lo largo del Golfo de California.

ENERGÍA EÓLICA

Existen mapas que se han realizado conjuntando información de estaciones meteorológicas con técnicas de prospección remota [8].

De acuerdo a datos del U.S. Department of Energy [8], Sonora tiene potencial para explotar la energía del viento en el área de Puerto Peñasco y en la frontera noreste, colindando con Chihuahua (Figuras 1 y 2).

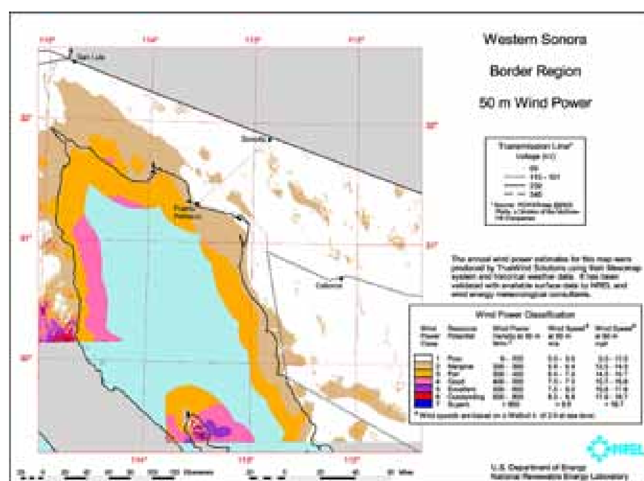


Figura 1. Región occidental de Sonora (Densidad de potencia del viento en 50 m) [8].

Figura 2. Región noreste de Sonora (Densidad de potencia del viento en 50 m) [8].

BIOMASA

Existen dos plantas de biomasa en Hermosillo que aprovechan los gases de la descomposición de residuos sólidos urbanos en los rellenos sanitarios de "Las Minitas" y de la carretera a la mina "Nico". Si se extrapola al potencial sonorense de la biomasa de residuos sólidos se pueden generar de 10 a 12 MW.

En Sonora se han registrado 14 proyectos de granjas porcinas para aprovechar los desechos y generar electricidad. Por la cantidad de cabezas porcinas que se manejan, se estima que se pueden generar de 65 a 100 MW [9].

ENERGÍAS OCEÁNICAS

Energía mareomotriz

En México se tiene un importante potencial de energía en la región (Figura 3) del alto Golfo de California (Mar de Cortés) en donde se podría tener en un área de embalse de 2,590 km^2, una potencia máxima instalada de 26 GW y una producción de 23,000 GWh/año que representa aproximadamente la producción total de todas las centrales hidroeléctricas del país [10].

Figura 3. Potencial de energía mareomotriz en el Mundo [10].

Un ascenso del nivel del agua de 6 m en 6 horas, como el que tiene lugar en el extremo norte del Golfo de California (Figura 4), equivale a un trabajo de 50 MWh/km² y a una potencia media de 15 MW/km². Si se construyera un dique desde la Península de Baja California hasta el noroeste de Sonora, con las compuertas adecuadas para dejar que en la parte alta se embalsara agua al subir la marea y luego se cerraran al momento de bajar (obligando al embalse a vaciarse a través de una gran batería de turbinas hidráulicas), la potencia eléctrica que teóricamente se podría generar es de varios miles de MW [11].

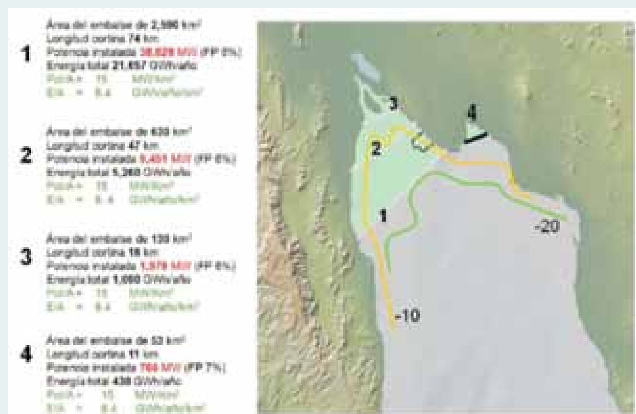


Figura 4. Esquemas teóricos para el aprovechamiento de mareas (contornos de batimetría, en m) [11].

Energía de las corrientes marítimas

Las fuertes corrientes que inducen la marea frente a las islas del Tiburón y Ángel de la Guarda, implican durante las horas punta, una potencia aprovechable de 5 KW/m². Hay estudios que indican que aprovechando las marejadas en la región conocida como Canal del Infiernillo (Figura 5) entre la Isla del Tiburón y la región de Bahía Kino, se puede obtener una capacidad de generación de energía eléctrica de entre 1,500 a 5,000 megavatios/día [12].



Figura 5. Canal del infiernillo (Google Earth).

ENERGÍA SOLAR

Como se observa en la figura 6, Sonora se encuentra en uno de los lugares con mayor potencial de energía solar en el Mundo. La región noroeste del país presenta los más altos valores de radiación solar de México [13].

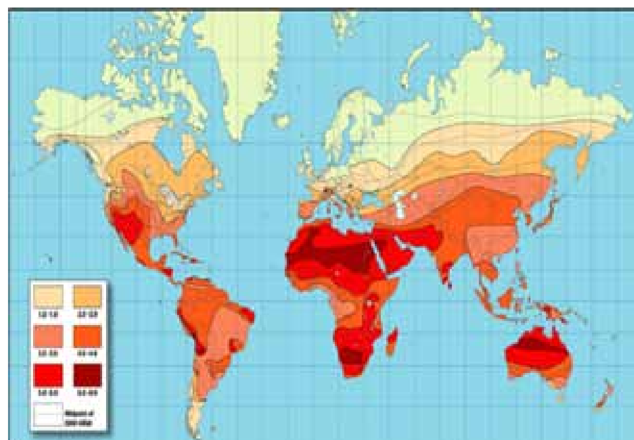


Figura 6. Potencial solar en el Mundo [13].

La escasez de nublados y las pocas lluvias que ocurren durante un corto periodo del año, hacen que la atmósfera sea clara y permita el paso de los rayos solares hacia la tierra.

Las trayectorias solares representan los recorridos del sol, proyectando las posiciones del astro rey para un día determinado del año de forma horaria. La figura 7 muestra las trayectorias solares para Hermosillo, Sonora, ciudad localizada en la latitud 29° 04' 29.

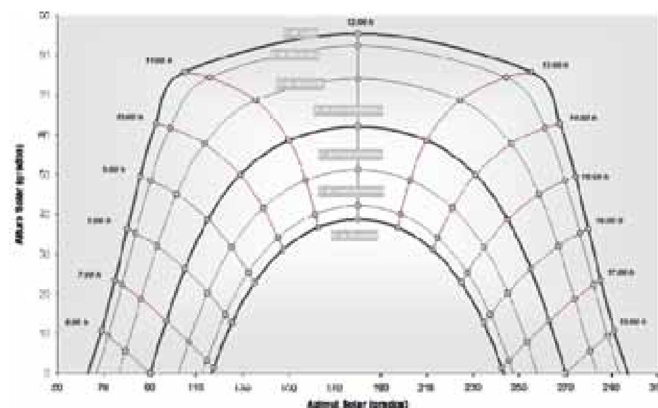


Figura 7. Trayectorias solares para la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Se observa que las horas de insolación mínimas van desde 10 horas, y las máximas desde 14 horas; esto garantiza que durante el año habría al menos 10 horas diarias de insolación en los equipos, situación que podría alterarse por lluvias o días nublados, aun cuando estadísticamente el 85% de los días son despejados en el año.

En la figura 8, se muestra las isolíneas de insolación promedio anual de energía solar diaria que se recibe por metro cuadrado en el estado de Sonora. Se puede observar que los valores de radiación van desde 5 hasta 6 KW-h/m^2.

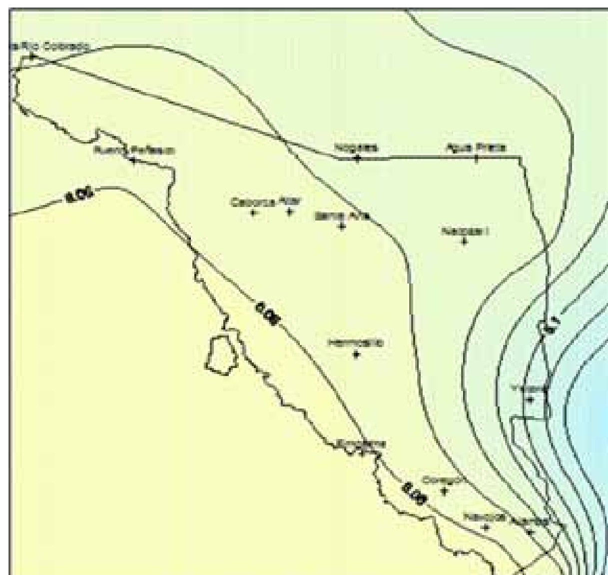


Figura 8. Isolíneas de insolación promedio anual de energía solar diaria.

Se puede afirmar que cualquier localidad dentro del Estado posee excelentes condiciones, tanto por los periodos de insolación como por los valores de radiación para las aplicaciones de aprovechamiento de energía solar.

El impresionante abaratamiento del costo de las celdas fotovoltaicas en los últimos años, al pasar de 76 U.S. dólares a finales de los 70`s a 36 centavos de U.S. dólar por watt en el 2014 (Figura 9), posibilita un amplio uso de estas tecnologías para generar energía eléctrica en el Estado.

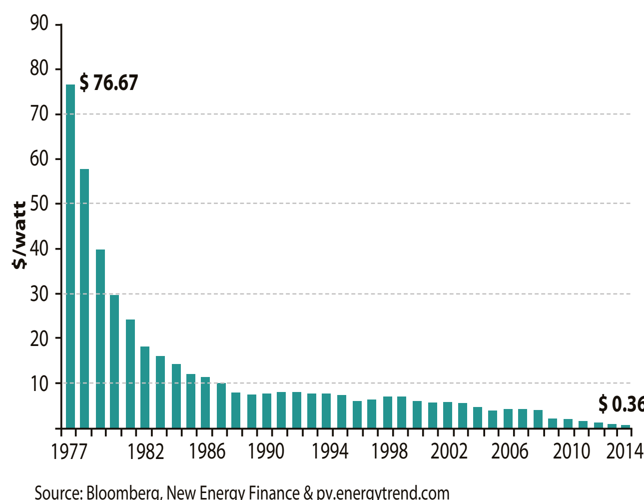


Figura 9. Evolución del precio de las fotoceldas solares [14].

En cuanto a la energía termosolar, Cabanillas et al. [15], mediante una metodología que combina mediciones del recurso solar con la opinión de expertos y la utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), concluyen que el estado de Sonora posee al menos diez localizaciones factibles para la instalación de plantas tipo torre central, dando un total de 675,334 hectáreas utilizables para tal efecto. Con ello se pudiera tener una capacidad para generar 165 GW, lo cual representa tres veces la actual capacidad de generación eléctrica en el país. El resultado es similar al que obtienen Arancibia et al. [16], quienes afirman con respecto a Sonora: “En menos del 1% de su vasto y árido territorio, recibe suficiente energía solar para satisfacer la demanda de energía de todo el país”.



CONCLUSIONES

El 95.2% de los recursos energéticos que consume Sonora se importa. Afortunadamente, el Estado presenta una gran diversidad de áreas de oportunidad en aprovechamiento de ER. Se puede afirmar que es factible promover, entre otros, los siguientes desarrollos energéticos:

- La construcción de 4 plantas mini-hidráulicas en el Río Yaqui.
- La explotación de la geotermia en estación Riíto, cercana a la frontera con Baja California.
- El aprovechamiento de la energía eólica en las áreas de Puerto Peñasco y el noreste del Estado, cercano a la frontera con Chihuahua.
- El uso de generadores de electricidad a partir de la basura urbana y las granjas porcinas.
- En el caso de la energía mareomotriz, la posible construcción de diques en el Golfo de California y el aprovechamiento de las corrientes del Canal del Infiernillo, situado entre la Isla del Tiburón y el litoral del Estado.

- El abundante recurso solar y la claridad de la atmósfera durante la mayor parte del año, hacen de Sonora un lugar privilegiado para el aprovechamiento de la energía solar, tanto fotovoltaica como de torre central. Considerando ciertos criterios, se tiene una área potencial de 675,334 ha, que representan aproximadamente el 3% de la superficie estatal.

Se puede concluir que, casi todas las fuentes renovables de energía se presentan en el estado de Sonora (Tabla 2), pero se requieren mayores estudios de evaluación para analizar y determinar la viabilidad de su explotación.

Tabla 2. Potencial de energías renovables en Sonora.

Energías renovables	¿Potenciales aplicaciones en Sonora?	Reportados y estimaciones
Hidroeléctrica	Sí	94 MW
Energía geotérmica	Sí	De 100 a 800 MW
Ventilas submarinas	Sí	Por evaluar
Energía eólica	Sí	Por evaluar
Energía solar fotovoltaica	Sí	4 TWh-año
Energía termosolar	Sí	5 TWh-año
Biomasa desechos	Sí	10 a 12 MW
Biomasa granjas porcinas	Sí	65 a 100 MW
Energías oceánicas		
Energía de las mareas (mareomotriz)	Sí	26 GW
Energía de las corrientes	Sí	1,500 a 5,000 MW

Se recomienda iniciar estudios de prospectiva energética, económica y financiera para tener mayor seguridad en el desarrollo de las energías alternativas, lo que permitirá un desarrollo equilibrado y sustentable del sistema energético estatal.

BIBLIOGRAFÍA

1) Renewable Energy Policy Network for the 21 Century, 2014. *Renewables 2014 Global Status Report*. France: REN21.
2) SENER, Secretaría de Energía, 2012. *Balance nacional de Energía 2012*. México: SENER.
3) Servicios Profesionales Especializados, 2006. *Manifestación de impacto ambiental modalidad regional, del proyecto: "sistema hidroeléctrico del río Yaqui"*. México.
4) Canet, C., Prol–Ledesma, Eibenschutz, Juan, et al. *Recursos Geotérmicos en la Frontera Noroccidental*. México: UNAM.
5) Martin Barajas, J. A., 2000. *Volcanismo y extensión en la provincia extensional del Golfo de California*. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana. Vol. LIII: pp. 72-83. México.
6) Von Damm, K.L., Edmond, J.M., Grant, B., Measures, C.I., Walden, B. and Weiss, R.F., 1985. *Chemistry of submarine hydrothermal solutions at 21.N, East Pacific Rise*. Holland: Elsevier.
7) Hernández, I., 2008, *Factibilidad técnica de la generación eléctrica con ventilas hidrotermales*. Instituto de Ingeniería. México: UNAM, Tesis de Licenciatura.
8) National Renewable Energy Laboratory, United States: US Department of Energy. 2003.
9) *http://www.nrel.gov/wind/pdfs/mexico_w_sonora.pdf http://www.nrel.gov/wind/pdfs/mexico_e_sonora.pdf*
10) SENER, 2012. *Prospectiva de energías renovables México 2012 – 2026*. México.
11) López-González J., Hiriart-Le Bert G y Silva Casarín R., 2010. *Cuantificación de energía de una planta mareomotriz*. Ingeniería Investigación y Tecnología, Vol. XI, No. 2. p 233-245. México.
12) Hiriart, G., Le Bert, 2006. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. 61, *Potencial energético del Alto Golfo de California*. México.
13) Hiriart, G., Espíndola, S., 2007, *Aprovechamiento de las ventilas hidrotermales para generar electricidad*, en VIII Conf. Anual de la AMEE, 153–159.
14) Galindo, J., Valdés M., 1991. *"Atlas de radiación solar de México"*, Programa Universitario de Energía. México: UNAM.
15) *Sunny Uplands: Alternative energy will no longer be alternative*. The Economist (2012) consultado en agosto de 2014.
16) Cabanillas-López R. E., Taddei-Bringas J.L., Navarro-Trujillo R.F, 2013. *Determinación de las áreas de mayor factibilidad para la instalación de plantas termo solares de torre central. Caso Sonora, México*. Poster en Simposio Internacional de Energías Renovables, Temixco, México.
17) C. A. Arancibia-Bulnes, R. Peón-Anaya, D. Riveros-Rosas, J.J. Quiñones, R.E. Cabanillas, C. A. Estrada. 2014. *Beam solar irradiation assessment for Sonora, Mexico*. Science Direct Energy Procedia 49.



Jorge Taddei Bringas et al.: UNISON / EPISTEMUS 17 / Año 8/ 2014/ pág.: 88-94

PISCINAS NATURALES PARA LA CIUDAD DE HERMOSILLO: UNA ESTRATEGIA DE SUSTENTABILIDAD

* ENRIQUE FERNANDO VELÁZQUEZ VARGAS, ANDREA ZAVALA REYNA, LUIS EDUARDO VELÁZQUEZ, JUANA ALVARADO IBARRA, CLARA ROSALÍA ÁLVAREZ

RESUMEN

El uso de productos químicos, como cloro, bromo, peróxido de nitrógeno, alguicidas, entre otros, para tratar el agua de las piscinas, representan un riesgo para la salud de los usuarios y el medio ambiente. En este artículo, se presentan algunos de los diferentes métodos y materiales químicos utilizados en el tratamiento del agua de las piscinas, Se habla acerca de las consecuencias que representan en la salud de los usuarios y su impacto en el ambiente. Así como los resultados obtenidos en el monitoreo de la calidad del agua de dos piscinas de un centro deportivo de la ciudad de Hermosillo, Sonora y se concluye con el planteamiento de una propuesta de biorremediacióncomo una alternativa sustentable para el tratamiento del agua de las albercas de la localidad.

LIC. ENRIQUE F. VELÁZQUEZ VARGAS
Posgrado en Sustentabilidad,
Universidad de Sonora
Correo: evelazquezvargas@gmail.com
DRA. ANDREA ZAVALA REYNA
Departamento de Químico-Biólogo,
Universidad de Sonora
Correo: azavala@industrial.uson.mx

DR. LUIS EDUARDO VELÁZQUEZ
Posgrado de Sustentabilidad,
Universidad de Sonora
Correo: Luis_Velazquez@industrial.uson.mx

DRA. JUANA ALVARADO IBARRA
Departamento de Polímeros y Materiales,
Universidad de Sonora
Correo: jalvarado@polimeros.uson.mx
DRA. CLARA ROSALÍA ÁLVAREZ
Departamento de Químico-Biólogo,
Universidad de Sonora

*Autor para correspondencia: Andrea Zavala Reyna
Correo electrónico: azavala@industrial.uson.mx
Recibido: 20 de agosto de 2014
Aceptado: 18 de octubre de 2014
ISSN: 2007-4530



INTRODUCCION

Las actividades recreativas y deportivas realizadas en el agua, según algunos especialistas son ideales para las personas con problemas respiratorios [1,2,3] con un impacto positivo en la salud física y mental [4], ya que proporcionan múltiples beneficios relacionados con la relajación muscular y el control del nivel del estrés [5]. Sin embargo en las piscinas que se realizan estas actividades son generadoras de riesgos para la salud [6,7,8], principalmente por los microorganismos patógenos que son introducidos constantemente por los usuarios [9,10] a través de la piel, sudor, orina y materia fecal [11,12] los cuales terminan afectando la calidad microbiológica del agua [13]. En el caso de las albercas techadas, se suma el riesgo de exposición a vapores ácidos provenientes de la reacción del cloro y el agua [14]. Esta exposición causa irritación en la nariz, garganta y ojos, esto puede producir tos, alteraciones del ritmo respiratorio y daño a los pulmones [15]. En este tipo de albercas, la cloramina cuando reacciona con desechos orgánicos como la orina, forma tricloruro de nitrógeno, lo cual también puede causar asma en los usuarios [3,16]. A fin de prevenir estas enfermedades y brotes infecciosos en las piscinas se realiza la desinfección del agua a través de un filtrado [5] y el uso de productos químicos [17] principalmente el cloro y el bromo [18]. El cloro, es el más utilizado, debido principalmente a su bajo costo [19,20] y a su capacidad de eliminar sustancias en suspensión oxidables como el hierro, magnesio y sustancias orgánicas, además de su eficacia eliminando bacterias y gérmenes patógenos [21]. A pesar de esto, su uso se ha empezado a cuestionar debido al registro de accidentes y enfermedades a la salud atribuibles a su utilización [22], como problemas oculares, respiratorios y dermatológicos [21]. Otro químico utilizado es el peróxido de nitrógeno pero representa un costo elevado y resulta corrosivo para los ojos, la piel y al tracto respiratorio, además la inhalación en altas concentraciones del vapor de este compuesto puede provocar edema pulmonar [17,23]. Otro desinfectante que ha ganado popularidad en los últimos años es el ozono, debido a su alto poder oxidante y la menor formación de productos de desinfección [24]. No obstante, también presenta desventajas, como su costo, ya que requiere un mayor gasto energético, es muy inestable a temperatura ambiente y también puede llegar a ocasionar daños a la salud de los usuarios [17]. Otros productos químicos utilizados son los alguicidas [25], los cuales se encargan de destruir las algas que se reproducen por división o esporulación y favorecen el crecimiento de microorganismos como las bacterias y los hongos. Los más empleados son el sulfato de cobre y el cloruro de benzalconio [17]. Sin embargo, todos estos tratamientos, representan también un riesgo para la salud de los usuarios [26] y un impacto ambiental que contamina un recurso como el agua [27]. Como una respuesta a lo anterior, han surgido organizaciones y empresas que promueven el uso de alternativas más sustentables para la operación de una alberca [19] en su mayoría dirigidas a prevenir los riesgos a la salud y al medio ambiente a través de la incorporación de elementos claves para lograr un menor impacto ambiental y un menor daño a la salud de los usuarios, además de la búsqueda de la reducción significativa del consumo de recursos químicos, agua y energía [28]. Es por esto que este artículo propone utilizar la técnica de biorremedación [29] para el tratamiento del agua en las piscinas de un centro deportivo de la ciudad de Hermosillo como una estrategia de sustentabilidad.

METODOLOGÍA

El enfoque utilizado en la presente investigación fue cuantitativo, ya que la información se obtuvo por medio del monitoreo constante de la calidad del agua de dos piscinas, sobre el uso de materiales y sustancias peligrosas para el tratamiento de la misma. El estudio se llevó a cabo en un centro deportivo ubicado en la ciudad de Hermosillo, Sonora. Éste fue seleccionado debido al interés de los operadores de colaborar con proyectos que promuevan la sustentabilidad.

Para llevar a cabo la recolección de información, se utilizaron los siguientes instrumentos: 1) Bitácora de uso de materiales peligrosos, 2) Kit de prueba de calidad del agua, modelo 78HR plus all-in-one y 3) un test de prueba para la medición de la dureza del agua modelo 5B. Los parámetros de calidad se evaluaron con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-245-SSA1-2010, Requisitos sanitarios y calidad del agua que deben cumplir las albercas. El monitoreo se llevó a cabo en el periodo comprendido de diciembre de 2013 a abril de 2014.

RESULTADOS

Para respaldar la propuesta del uso de la técnica de biorremediación en el tratamiento del agua fue necesario conocer los métodos y materiales utilizados para tratar el agua de las dos piscinas con las que cuenta el centro deportivo estudiado, así como la cantidad de agua utilizada a fin de darle una idea a lector del impacto ambiental, por el uso de este recurso.

Tanto la Norma Sanitaria NOM-245-SSA1-2010 como la Norma Técnica Sanitaria para albercas de la Secretaría de Salud del Estado de Sonora [30] establecen que se debe de reponer el 5% del agua de cada alberca diariamente, por lo que la tabla 1 muestra la estimación de agua requerida diaria para atender lo establecido en la normatividad.

Tabla 1. Consumo estimado de agua de reposición diaria para las piscinas.

Tipo de piscina	Cantidad (m^3)
Fosa de clavados	105.0
Piscina olímpica	102.5

La tabla 2 muestra la frecuencia de la medición de la calidad del agua en las piscinas de los parámetros cloro, pH, alcalinidad, dureza, temperatura, claridad del agua y amiba de la vida libre.

Tabla 2. Frecuencia de medición de los parámetros de calidad del agua.

Parámetro	Frecuencia de medición
Cloro	5 días a la semana
pH	5 días a la semana
Alcalinidad	1 día a la semana
Dureza	1 día a la semana
Temperatura	1 día a la semana
Claridad del agua	5 días a la semana
Amiba de la vida libre	2 veces por mes

El promedio de los resultados obtenidos durante el monitoreo de la calidad del agua en la fosa de clavados, se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Promedio de los parámetros de calidad del agua de la fosa de clavados.

Mes	pH	Alcalinidad (mg/L)	Cloro residual (ppm)	Dureza (mg/L)	Temperatura (°C)	Amiba de la vida libre
Diciembre	7.6	110.00	3.00	s/m	21.30	Negativo
Enero	7.6	108.33	2.77	229.50	23.75	Negativo
Febrero	7.6	86.00	2.85	231.20	25.25	Negativo
Marzo	7.6	**78.33**	2.73	209.60	25.00	Negativo
Abril	7.6	82.00	2.60	214.2	24.80	Negativo

En la tabla 4, se presentan los resultados promedios de las mediciones hechas en la alberca olímpica.

Tabla 4. Promedio de los parámetros de calidad del agua de la alberca olímpica.

Mes	pH	Alcalinidad (mg/L)	Cloro residual (ppm)	Dureza (mg/L)	Temperatura (°C)	Amiba de la vida libre
Diciembre	**6.83**	**60.00**	**0.71**	s/m	21.30	Negativo
Enero	7.08	58.33	1.98	314.50	23.20	Negativo
Febrero	7.20	**56.00**	2.12	265.20	25.25	Negativo
Marzo	7.20	**55.00**	2.07	263.50	24.25	Negativo
Abril	7.20	**70.00**	1.84	285.60	24.60	Negativo

Para lograr los parámetros establecidos en la normatividad, mismos que se presentan en la tabla 5, se requiere del uso de importantes cantidades de productos químicos. En la tabla 6 se muestran los resultados de las cantidades de las sustancias ocupadas en el periodo de estudio. Es importante mencionar que en el verano, considerado como temporada alta, las cantidades de productos químicos se elevan significativamente, debido a la gran afluencia de usuarios.





Tabla 5. Límites de los parámetros para la calidad de agua de piscinas establecidos por la Secretaría de Salud Pública del Estado de Sonora.

Parámetro	Mínimo	Máximo
Cloro residual (ppm)	1.0	3.0
pH	7.2	8.0
Alcalinidad (mg/L)	80.0	120.0
Dureza (mg/L)	200.0	350.0
Temperatura (°C)	18.0	--
Claridad del agua	Visible todo el tiempo	
Prueba microbiológica	Negativa	

Tabla 6. Cantidades de productos químicos utilizados semanal y mensualmente en las piscinas del complejo deportivo (n/a = no aplica).

Nombre comercial	Marca	Formulación	Cantidad semanal Olímpica	Cantidad semanal Fosa	Cantidad mensual olímpica	Cantidad mensual fosa
Trizide cloro 3" tabletas	Spin	Tableta	150-200 tabletas	150-200 tabletas	600-800 tabletas	600-800 tabletas
Trizide cloro granulado	Spin	Granulado	45 kg	45 kg	180 kg	180 kg
Shock correctivo	Spin	Polvo	6.25 kg	n/a	25 kg	n/a
Cristalin	Spin	Liquido	10 litros	10 litros	40 litros	40 litros
Bicarbonato de sodio	--	Polvo	10 kg	n/a	40 litros	n/a

DISCUSIÓN

Al comparar los resultados obtenidos de la calidad del agua en las piscinas con los parámetros establecidos en la normatividad (tabla 5) se observa que en la fosa de clavados el valor de alcalinidad estuvo por debajo de lo establecido en el mes de marzo. Para el caso de la alberca olímpica, en el mes de diciembre no se cumplió con los parámetros establecidos para alcalinidad, cloro residual y pH. En enero no se cumplió con el límite de pH y alcalinidad. Destaca el hecho de que el valor de alcalinidad siempre estuvo por debajo del parámetro establecido aun cuando se hace uso de diversos productos químicos no siempre se logran los parámetros de calidad. Por lo anterior, se hace necesario tener alternativas sustentables que garanticen una mejor calidad del agua y un menor uso de productos químicos, que como marca la literatura son dañinos a la salud de los usuarios. Una de las alternativas más innovadoras es la piscina natural que se utiliza para procesos de autodepuración un sistema de fitorremediación y biofiltración (ver figura 1) integrados y descarta la utilización de sustancias químicas dañinas para la salud y el medio ambiente [31]. La fitorremediación se define como un proceso in situ o ex situ que reduce la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas. Es una opción que presenta mejor relación de costo-beneficio respecto a otros métodos empleados para el tratamiento de efluentes líquidos, además es estética y naturalmente amigable con el ambiente y la salud humana [32]. Asimismo, la biofiltración representa una opción para el tratamiento de aguas para uso urbano; su objetivo es la separación de partículas y microorganismos del agua [33]. En una piscina natural, el agua circula a través de un ecosistema de plantas acuáticas ubicadas en una cuenca adyacente. Las plantas están incrustadas en grava y crecen de manera hidropónica, enriqueciendo la piscina con oxígeno mientras que

las raíces actúan como un filtro biológico, manteniendo bacterias aerobias, anaerobias y facultativas que ayudan a limpiar el agua; comiendo impurezas químicas y biológicas que se encuentran en ella [34], como se esquematiza en la figura 1. Las bacterias son responsables del 90 % de las tareas de limpieza del agua [35].

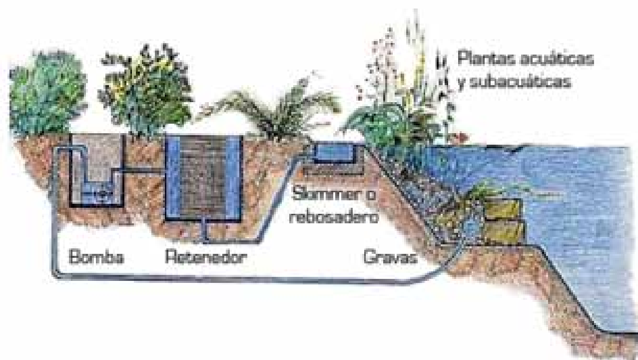


Figura 1. Esquema de funcionamiento de una piscina natural. Fuente: http:www.bionova.com.

CONCLUSIONES

La integración de la fitorremediación y la biofiltración surge como una propuesta innovadora de alternativa sustentable a los tratamientos de limpieza de agua de las piscinas; Este artículo presenta un análisis de algunos de los daños causados a la salud por la utilización de productos químicos en el tratamiento de agua de las piscinas, principalmente el cloro. Asimismo da una introducción a una alternativa sustentable, que si bien, no es muy conocida en México, representa una técnica que brinda beneficios tanto al usuario, a todas aquellas personas que se encuentren cerca de ellas, como al ambiente. Por otro lado, se cuida el agua ya que las piscinas utilizan grandes cantidades de este recurso natural tan escaso en nuestra zona.

BIBLIOGRAFÍA

1) Beggs, S., Foong, Y., Le, H., Noor, D., Wood-Baker, R., Walters, J. [2013]. Swimming training for asthma in children and adolescents aged 18 years and under. Pediatric Respiratory Reviews. Recuperado el día 28 de Marzo del 2014 en http://dx.doi.org/10.1016/j.prrv.2013.03.002.
2) Beretta, S., Vivaldo, T., Morelli, M., Carlucci, P., Zuccotti, G. [2011]. Swimming pool-Induced asthma. Investing Allnergol Clin Immunol, 240-241. Recuperado el día 21 de Febrero del 2014 en http://www.jiaci.org/issues/vol21issue3/12.pdf.
3) Weisel, C., Richardson, S., Benoit Nemery, Aggazzotti, G., Baraldi, E. Blatchley III, E., Blount, B., Carlsen, K., Eggleston, P., Frimmel, F., Goodman, M., Gordon, G., Grinshpun, S., Heederik, D., Kogevinas, M., LaKind, J., Nieuwenhuijsen, M., Piper, F., Sattar, S. [2009]. Childhood Asthma and Environmental Exposures at Swimming Pools: State of the Science and Research Recommendations. Environmental Health Perspectives 500- 507. Recuperado el día 26 de marzo del 2014 en http://ehp.niehs.nih.gov/wp-content/uploads/117/4/ehp.11513.pdf.
4) CDC, Center for disease control and prevention [2013]. Natación saludable. Recuperado el día 09 de enero del 2014 en www.cdc.gov/healthywater/swimming/health_benefits_water_exercise.html.
5) Castro, N., Chaidez, C. [2003]. Riesgos microbiológicos asociados con el uso de piscinas públicas. Agua latinoamericana, pp. 16-20. Recuperado el día 16 de enero del 2014 en http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/nivel%20basico%20mar03.pdf.
6) Villanueva, C., Ribera, L.F. [2012]. Health impact of disinfection by-products in swimming pools. Ann Ist Super Sanita 387-396. Recuperado el día 14 de Enero del 2014 en http://www.scielosp.org/scielo.php?pid=S0021-25712012000400006&script=sci_arttext&tlng=pt.
7) Papadopoulou, C., Economou, V., Sakkas, H., Gousia, P., Giannakopoulos, X., Dontorou, C., Filioussis, G., Gessouli, H., Karanis, P., Leveidiotou, S. [2008]. Microbiological quality of indoor and outdoor swimming pools in Greece: Investigation of the antibiotic resistance of the bacterial isolates. International Journal of Hygiene and Environmental Health 385-397.
8) Schoefer, Y., Zutavern, A., Brockow, I., Schafer, T., Kramen, U., Schaaf B., Herbath, O., Berg A., Wichmann E., Heinrich, J. [2007]. Health risks of early swimming pool attendance. International Journal of Hygiene and Environmental Health pp. 367- 373.
9) Wyczarska-kokot, J. [2009]. Effect of disinfection methods on microbiological water quality in indoor swimming pools. Architecture civil engineering environment pp.145-152.
10) Lika, M., Dako, A., Mece O. [2010]. The microbial pollution in pools and diseases connected with them. Natura Montenegrina, pp. 859-866. Recuperado el día 14 de Noviembre del 2013 en http://www.pmcg.co.me/nm9/Lika%20et%20al%20ISEM4.pdf.
11) Bilajac, L., Vukic, D., Doko, J. Tomislav, R. [2012]. Microbiological indicators of water quality in indoor hotel swimming pools before and after training of swimming pools operators. Journal of Water & Health, pp. 108-112.
12) Florentin, A., Hautemaniere, A., Hartemann, P. [2011]. Health effects of desinfection by-products in chlorinated swimming pools. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 461-469. Recuperado el día 15 de febrero del 2014 en http://ac.els-cdn.com/S1438463911001313/1-s2.0-S1438463911001313-main.pdf?_tid=e97fe066-094c-11e4-8b51-00000aab0f27&acdnat=1405118846_e1617bf3382fb55a39096524deba66db.
13) Delgado, M., Hernández, A., Hormigo, F., Hardisson, A., Álvarez, R. [1992]. Análisis microbiológico y fisicoquímico del agua de piscinas de la isla de Tenerife. Rev. San Hig Pub, 281-289. Recuperado el día 14 de Marzo del 2014 en http://www.msssi.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL66/66_5_281.pdf.
14) Nemery, B., Hoet, P., Nowak, D. [2002]. Indoor swimming pools, water chlorination and respiratory health. European Respiratory Journal, 790-793.
15) ATSDR, Agency for toxic substances and disease registry [2010]. Chlorine. Recuperado el día 24 de Febrero del 2014 en http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=200&tid=36.
16) Thickett, K., McCoach, J., Gerber, J., Sadhra, S., Burge, S. [2002]. Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air. European respiratory journal, pp. 827-832. Recuperado el 07 de enero del 2014 http://erj.ersjournals.com/content/19/5/827.full.pdf+html.
17) Freixa, A., Benés, A., Guardino, X. [2005]. NTP 690: Piscinas de uso público [II]. Peligrosidad de productos químicos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Recuperado el día 07 de Enero del 2014 en http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_690.pdf.
18) Naya, E. [2013]. Maintenance of a swimming pool water circuit. Bachelor in engineering. University of Metropolia. Helsinki, Rusia. Recuperado el día 23 de marzo del 2014 en http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/60840/Naya_Enrique.pdf?sequence=1.
19) Hansen, K. [2013]. Strategies for chemically public swimming pools. Phd Thesis. Techival University of Denmark, Denmark. Recuperado el día 18 de Febrero del 2014 en http://orbit.dtu.dk/fedora/objects/orbit:118877/datastreams/file_e314ada4-0120-4065-a11a-a33580a40473/content.
20) Godo, J. [2010]. Tratamiento avanzado del agua de una piscina a través de la radiación ultravioleta. Piscinas XXI, 229, 59-64.
21) Fernández, A. [2012]. Los tratamientos químicos del agua en piscinas cubiertas como elemento clave en la gestión de la instalación y la salud de nadadores y trabajadores. Tesis de Doctorado, Universidad de Castilla- La Mancha, España. Recuperado el día 04 de Noviembre del 2013 en http://www.investigacionengestiondeportiva.es/Tesis/Tesis_AlvaroFernandezLuna.pdf.
22) Squadrito, G. L., Postlethwait, E. M., y Matalon, S. [2010]. Elucidating Mechanisms of Chlorine Toxicity: Reaction Kinetics, Thermodynamics, and Physiological Implications. American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology, pp. 299-300.
23) Medina, M. F., y Jiménez-Valenzuela, A. [2011]. Mantenimiento integral de instalaciones deportivas: Tratamiento de aguas en piscinas. Cádiz: Instituto Andalúz del Deporte.
23) Lee, J., Ha, K. T., Zoh, K. D. [2009]. Characteristics of trihalomethane [THM] production and associated health risk assessment in swimming pool waters treated with different disinfection methods. Science of the Total Environment, 407[6], 1990-1997.
24) Adamson, R., Sommerfeld, M. [1978]. Survey of swimming pool algae of the Phoenix, Arizona, Metropolitan area. Journal of phycology, 519-521.
25) Secretaria de Salud [2012]. Requisitos sanitarios y calidad del agua que deben cumplir las albercas [Online] Recuperado el día 10 de Noviembre del 2013 http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012.
26) Forrest, N., Williams, E. [2010]. Life cycle environmental implications of residential swimming pools. Environmental Science Technology 5601-5607. Recuperado el día 13 de noviembre del 2013 en http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es100422s.
27) Martins, F. [2009]. Sustainability issues in swimming pools and spas. Recuperado el 14 de Diciembre del 2013 en http://www.pwtag.org/researchdocs/SUSTAINABILITY%20ISSUES%20IN%20SWIMMING%20POOLS%20AND%20SPAS.pdf.
28) Garbisu, C., Amézaga, I., Alkorta, I. [2002]. Biorremediación y Ecología. Ecosistemas, revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Recuperado el día 15 de Julios del 2014 en http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/591/558.
29) SEGOB, Secretaria de Gobernación [2012]. Norma Oficial Mexicana NOM-245-SSA1-2010, Requisitos sanitarios y calidad del agua que deben cumplir las albercas. Recuperado el día 14 de Enero del 2013 en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5256066&fecha=25/06/2012
30) Casanovas-Massana,A., Blanch, AR. [2013]. Characterization of microbial populations associated with natural swimming pools. International Journal of hygiene and environmental health, pp.132-137.
31) Guevara, A., De la Torre, E., Villegas, A., Criollo, E. [2009] Uso de la rizofiltración para el tratamiento de efluentes líquidos de cianuración que contienen cormo, cobre y cadmio. Revista latinoamericana de metalurgia y materiales, pp. 871-878. Recuperado el día 04 de Mayo del 2014 en file:///C:/Users/Enrique%20Velazquez/Downloads/RLMMArt-09S01N2-p871.pdf.
32) Arango, A. [2004]. La biofiltración, una alternativa para la potabilización del agua. Revista Lasallista de Investigación, vol. 1, núm. 2, pp. 61-66. Recuperado el 10 de agosto del 2014 en http://www.redalyc.org/pdf/695/69510210.pdf.
33) Hilleary, M. [2013] Natural swimming pools & ponds. Total habitat books, second edition.
34) Sánchez, J. [2011]. Estudio de la implantación de piscinas ecológicas en las piscinas municipales de Cataluña. Recuperado el día 05 de agosto del 2014 en http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/11554/1/MEMORIA.pdf.





"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS EN MATEMÁTICAS

Objetivos del Programa

Formar personal con alto nivel académico, para el estudio autónomo y comprensión de los resultados y avances de la matemática moderna y sus aplicaciones, con capacidad para realizar labores de asesoría y apoyo matemático en proyectos de investigación y desarrollo en disciplinas de carácter científico y tecnológico. A nivel de doctorado, además de los anteriores, el objetivo principal es capacitar para la realización de investigación original e independiente en el campo de las matemáticas y sus aplicaciones.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MATEMÁTICA EDUCATIVA

Objetivos del Programa

El propósito de este programa académico es formar Especialistas en Matemática Educativa, cuya práctica profesional como docentes sintetice una serie de competencias éticas, ideológicas, de conocimiento teórico y sentido práctico, para atender los problemas de la educación matemática escolar en los ámbitos de la investigación, el desarrollo docente y la proyección social de sus egresados.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FÍSICA

Objetivos del Programa

Preparar personal con un profundo conocimiento de las leyes fundamentales de la Física, para ejercer labores docentes a nivel licenciatura, posgrado y especialidad. Capacitar personal para ejercer actividades asociadas a la generación de conocimiento en diferentes áreas de la Física. Formar personal con una alta capacidad de trabajo e innovación lo cual le permita incidir sobre la solución de aquellos problemas de su competencia relacionados con el sector productivo de la región y del país. Capacitar personal en la utilización eficiente de diverso equipo con un alto desarrollo científico y tecnológico. Desarrollar programas multidisciplinarios de investigación científica y tecnológica.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS GEOLOGÍA

Objetivos del Programa

El objetivo general es el de formar Maestros en Ciencias de alto nivel de calidad y excelencia, capaces de participar en el análisis y solución de problemas geológicos tradicionales y de frontera, utilizando el método científico, y respondiendo con oportunidad a las necesidades del desarrollo científico y tecnológico del país. Se ofrece un espacio de formación de alto nivel académico en torno a la problemática derivada de tres grandes áreas de aplicación de las Ciencias de la Tierra como son: los yacimientos minerales, la geología regional, y la hidrogeología-geología ambiental. Con ello se pretende contribuir al fortalecimiento de la capacidad profesional y/o investigativa de los profesionales que se desempeñan en estas áreas del conocimiento.



http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 3K-1 Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-53 y 259-21-54



"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SALUD ESPECIALIZACIÓN EN INMUNOHEMATOLOGÍA DIAGNÓSTICA

Objetivo General

Formar recursos humanos con capacidad para prestar servicios de diagnóstico hematológico e inmunológico, capaces de proponer alternativas para la investigación de problemas de diagnóstico así como para transmitir sus conocimientos mediante actividades docentes y de difusión de información científica.

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

Objetivo General

Formar recursos humanos con capacidad para realizar investigaciones de alto nivel en el campo de la salud y para transmitir sus conocimientos mediante actividades docentes y de difusión de resultados, con el interés de que su formación tenga un impacto decisivo en el perfil epidemiológico poblacional.

DOCTORADO EN CIENCIAS (QUÍMICO BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD)

Objetivo General

Formar personal altamente calificado en las áreas de química, biología y ciencias de la salud, con una visión interdisciplinaria, que contribuya a solventar la problemática de salud.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS (CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE GRANOS; CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS MARINOS)

Objetivo General

Formación de personal calificado y competente de alto nivel que sea capaz de resolver problemas alimentarios en los sectores de investigación, educación, de los sectores público y privado, vinculados con el manejo, almacenamiento, conservación y procesamiento de granos o productos marinos.

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS (CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE GRANOS; CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS MARINOS)

Objetivo General

Formación de personal de alto nivel académico que sea capaz de generar conocimiento, a través del planteamiento, diseño y desarrollo de proyectos de investigación relevantes al desarrollo de la ciencia de los alimentos y a la resolución de la problemática de la producción y procesamiento de alimentos

POSGRADO EN BIOCIENCIAS (MAESTRÍA)

Objetivo general

Formar recursos humanos con una visión amplia de su área de especialidad y con capacidad de identificar problemas y procesos básicos y aplicados en las diferentes disciplinas de las ciencias biológicas. Tendrá la capacidad de desarrollarse en áreas emergentes de las biociencias, combinando diferentes aproximaciones, conceptualizaciones y niveles jerárquicos de la biología y áreas de especialización del posgrado

POSGRADO EN BIOCIENCIAS (DOCTORADO)

Objetivo General

Formar investigadores de alto nivel con una amplia capacidad de realizar investigación independiente, la cual contribuya significativamente a la generación, innovación y adaptación de conocimientos científicos y/o tecnológicos en su área de especialización.

Posgrados no incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS (No incluida en la padrón)

Objetivos Generales

1. Formar profesores investigadores con una alta preparación académica y capacidad innovadora, capaces de generar y transmitir el conocimiento científico; aptos para crear y desarrollar proyectos y programas de investigación científica y tecnológica, tendientes a mejorar la productividad agropecuaria nacional.

2.- Preparar personal altamente capacitado para ejercer labores docentes de licenciatura y posgrado en las Instituciones de Educación Superior dedicadas a la generación de conocimientos y tecnología en las áreas de fisiología vegetal, genética y mejoramiento de plantas, manejo de agostaderos, praderas irrigadas, producción de carne y leche, nutrición y reproducción animal.



http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Rosales y Blvd. Luis Encinas., Edificio 10k, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-62 y 259-22-59